

ISSN 0032-874X

# ПРИРОДА

11 89



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор  
академик  
Н. Г. БАСОВ

Кандидат физико-математических наук  
А. И. АНТИПОВ

Доктор физико-математических наук  
Е. В. АРТЮШКОВ

Член-корреспондент АН СССР  
Р. Г. БУТЕНКО

Доктор географических наук  
А. А. ВЕЛИЧКО

Академик  
В. А. ГОВЫРИН

Заместитель главного редактора  
Ю. Н. ЕЛДЫШЕВ

Член-корреспондент АН СССР  
Г. А. ЗАВАРЗИН

Академик  
В. Т. ИВАНОВ

Доктор физико-математических наук  
Н. П. КАЛАШНИКОВ

Доктор физико-математических наук  
С. П. КАПИЦА

Доктор физико-математических наук  
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Кандидат физико-математических наук  
А. А. КОМАР

Академик  
Н. К. КОЧЕТКОВ

Доктор геолого-минералогических наук  
И. Н. КРЫЛОВ

Доктор философских наук  
Н. В. МАРКОВ

Ответственный секретарь  
В. М. ПОЛЫНИН

Доктор исторических наук  
П. И. ПУЧКОВ

Заместитель главного редактора  
академик  
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Доктор философских наук  
Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора  
доктор биологических наук  
А. К. СКВОРЦОВ

Академик АН УССР  
А. А. СОЗИНОВ

Академик  
В. Е. СОКОЛОВ

Доктор геолого-минералогических наук  
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора  
кандидат технических наук  
А. С. ФЕДОРОВ

Заместитель главного редактора  
член-корреспондент АН СССР  
Л. П. ФЕОКТИСТОВ

Академик  
В. Е. ХАИН

Доктор физико-математических наук  
А. М. ЧЕРЕПАШУК

Доктор физико-математических наук  
В. А. ЧУЯНОВ

# ПРИРОДА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ  
ПОПУЛЯРНЫЙ  
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
АКАДЕМИИ НАУК СССР

Издается с января 1912 года



НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Причудливая фигура, образованная вихрями при распаде струи в неподвижной среде. См. в номере: Гудков В. А. Струи, вихри, турбулентность.

Фото В. А. Гудкова.

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Минарет IX в. на территории Ирака. Один из примеров влияния астрономии на другие области культуры — космическая символика в архитектуре. См. в номере: Гурштейн А. А. Астрономия в семье наук.



— символ межправительственной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (The Man and the Biosphere). Им обозначены материалы, которые «Природа» публикует, участвуя в этой программе.



© Академия наук СССР  
журнал «Природа» 1989

## В НОМЕРЕ

- 3** **НУЖНА ПОЛНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЛАСНОСТЬ!**  
Беседа с Н. Н. Воронцовым

**8** **Урываева И. В.**  
**ИСТОРИЯ ГИПОТЕЗЫ КАНЦЕРОГЕНЕЗА**  
Нередко новая научная идея опережает время и остается незамеченной или непонятой, но рано или поздно открывается вновь. Похожая судьба у двухмутационной гипотезы рака.

- 17** **Суханов А. Л.**  
**МОБИЛЬНЫЕ МАТЕРИКИ ВЕНЕРЫ**

Вещество материков Венеры перемещается не только крупными блоками, как на Земле, но и гигантскими потоками, стекающими к низинам. Такой способ мобилизации вещества пока обнаружен лишь на Венере.

- 24** **Шевченко В. А.**  
**ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОБЛУЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

Неуклонное развитие атомной энергетики придает особое значение исследованиям влияния радиации на человека.

- 33** **Гудков В. А.**  
**СТРУИ, ВИХРИ, ТУРБУЛЕНТНОСТЬ**

Детальное исследование струйных и вихревых течений с помощью современной экспериментальной техники помогает решить многие практические задачи.

- 38** **Кубарев В. Д.**  
**ПАМЯТНИК НАСКАЛЬНОГО ИСКУССТВА АЛТАЯ**

Изучение стиля и сюжетов недавно открытых неолитических петроглифов показывает, что миграции скотоводов с запада на восток в III—II тысячелетиях до н. э. достигали и алтайских горных долин.

- 48** **Гурштейн А. А.**  
**АСТРОНОМИЯ В СЕМЬЕ НАУК**

Сохранилась ли астрономия как самостоятельная научная дисциплина или стала одним из направлений безмерно разросшейся современной физики? Отвечает на этот вопрос, актуальный и для многих других областей современной науки, не так прост, как может показаться.

- 57** **АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В ПЕРЕКРЕСТИИ МНЕНИЙ (окончание)**

Как повысить безопасность атомной энергетики и вернуть к ней доверие общественности? За «круглым столом» прозвучали разные ответы специалистов на этот вопрос.

**И. С. Слесарев:** «Безопасные реакторы — это не фантастика» (72)

- 83** **Сурдин В. Г.**  
**СЕРЕБРИСТЫЕ ОБЛАКА НАД МОСКВОЙ**

- 84** **Баглай В. Е.**  
**СИСТЕМА ЗЕМЛЕДЕЛИЯ У АЦТЕКОВ**

Древние народы Мезоамерики достигли высокого уровня аграрной культуры, развили способы экологически конструктивного природопользования, неизвестные в Старом Свете.

- 91** **Рогов Е. И.**  
**В ПОИСКАХ ГЕНОВ ШИЗОФРЕНИИ**

- 92** **Гайсинович А. Е., Музрукова Е. Б.**  
**«ОТРЫЖКА» КЛЕТОЧНОЙ ТЕОРИИ**

В год 150-летия клеточной теории важно осмыслить и ее значение для познания биологических законов, и те ошибки, которые роковым образом повлияли на развитие генетики и цитологии в нашей стране.

- 101** **Полынин В. М.**  
**ПАМЯТИ А. Е. ГАЙСИНОВИЧА**

- 102** **НОВОСТИ НАУКИ**

- 120** **РЕЦЕНЗИИ**

- 124** **НОВЫЕ КНИГИ**

- 126** **ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ**  
**Михаленок Д. К.**  
**Т. И. ВЯЗЕМСКИЙ — ОСНОВАТЕЛЬ КАРАДАГСКОЙ СТАНЦИИ**

## CONTENTS

**3** COMPLETE ECOLOGICAL OPENNESS IS NEEDED.

Interview with the Chairman of the USSR State Committee for Nature Preservation N. N. Vorontsov

**8** Uryvaeva I. V.  
HISTORY OF THE CARCINOGENESIS HYPOTHESIS

It is not infrequent that a new scientific idea is ahead of its time, unnoticed or not even understood. But sooner or later the recognition comes, as it happened with the bi-mutational hypothesis of carcinogenesis.

**17** Sukhanov A. L.  
MOBILE CONTINENTS ON VENUS

The continental matter on Venus moves not only as large blocks (as is the case on Earth). It can also slide downwards as gigantic flows. This form of transportation of matter has been discovered only on Venus so far.

**24** Shevchenko V. A.  
THE GENETIC EFFECTS OF RADIATION ON MAN

Studies of the effects of radiation on man gain their importance as nuclear power engineering continues to develop.

**33** Gudkov V. A.  
JETS, VORTICES, TURBULENCE

Detailed investigation of jets and vortices with the help of latest experimental devices will contribute to dealing with many practical problems.

**38** Kubarev V. D.  
A PETROGLYPH FROM ALTAI

The style and subject of the recently discovered Neolithic petroglyphs show that in the third-second millennia B. C. the east-bound migrating cattle-breeders reached Altai.

**48** Gurstein A. A.  
THE PLACE OF THE ASTRONOMY AMONG OTHER SCIENCES

Does astronomy still exist as a scientific discipline on its own right or is it but a trend of the expanded physics? The answer to this question that is relevant for many other fields of knowledge is far from a simple one.

**57** NUCLEAR POWER ENGINEERING: DIFFERENT VIEWS (conclusion)

What is to be done to make atomic power plants more safe and thus restore the public's trust to them? At the round-table session different answers were given to this crucial question.

Slesarev I. S. "Safe reactors are not pure fantasy" (72)

**83** Surdin V. G.  
SILVERY CLOUDS ABOVE MOSCOW

**84** Baglai V. E.  
THE SYSTEM OF LANDTILLING WITH AZTECS

The early population of Mesoamerica reached a high level of agriculture and used ecologically constructive methods of nature utilization unknown in the Old World.

**91** Rogaev Eu. I.  
IN SEARCH OF SCHIZOPHRENIA GENES.

**92** Gaisinovich A. E., Muzrukova E. B.  
"THE THROW-BACK" OF THE CELL THEORY

The 150th anniversary of the cell theory can be used as a pretext to ponder upon its significance for the cognition of the biological laws and the errors that proved fatal for genetics and cytology in this country.

**101** Polynin V. M.  
IN MEMORY OF A. E. GAISINOVICH

**102** SCIENCE NEWS

**120** BOOK REVIEWS

**124** NEW BOOKS

**126** MEETING THE FORGOTTEN PAST  
Mikhalevok D. K.  
T. I. VYAZEMSKY — THE FOUNDER OF THE KARADAG STATION

# Нужна полная экологическая гласность!

Беседа с Н. Н. Воронцовым

Новый председатель Государственного комитета СССР по охране природы, народный депутат СССР, доктор биологических наук Николай Николаевич Воронцов 34 года связан с Академией наук СССР и не намерен оставлять научную работу. Он был сотрудником Зоологического института в Ленинграде, ученым секретарем президиума Сибирского отделения, директором Биолого-почвенного института и членом Президиума Дальневосточного научного центра и остается главным научным сотрудником Института биологии развития им. Н. К. Кольцова. Его научные исследования посвящены систематике и морфологии животных, эволюции и цитогенетике. Был участником и организатором 41 экспедиции: по Средней Азии, Казахстану, Кавказу, Европейскому Северу, югу Сибири и Дальнему Востоку. Он автор многих научных и научно-популярных публикаций, некоторые из них можно найти в старых подшивках «Природы» и в совсем свежих номерах.

Николай Николаевич — не редкий гость в редакции нашего журнала. Накануне назначения на высочайший государственный пост он, по нашей просьбе, заходил в редакцию рассказать о делах депутатских. Ничто как будто не предвещало нового поворота в его жизни... Дней десять спустя наш сотрудник беседовал с ним уже в Госкомприроде СССР.

— Николай Николаевич, пользуясь Вашим давним сотрудничеством в «Природе» и добрым знакомством с редакцией, решусь заметить, что назначение Вас, как говорится, «ученой косточки», на пост министра, было для многих большой неожиданностью.

— Для меня тоже. Мне уже приходилось рассказывать, что я предлагал на должность председателя Государственного комитета по охране природы шесть кандидатов. Но при этом забыл, что инициатива наказуема.

С «Природой» я действительно связан очень давно. Первую статью написал, когда мне было 24 года. Она называлась «О биологическом влиянии экспериментальных испытаний ядерного оружия» и шла в январском номере за 1959 г. Большая была статья. Естественно, с генетическими терминами. А тут появился подвал в «Правде» с критикой «Ботанического журнала» — очередной рецидив лысенковщины. Меня пригласил к себе Д. И. Щербаков, бывший тогда главным редактором «Природы», и тут же присутствовал его заместитель Д. М. Трошин. Мне говорили: «У вас прекрасная статья, только уберите слова „мутации“, „хромосомы“



и т. д.» Очень хотелось напечататься и получить гонорар — я был тогда младшим научным сотрудником. Но я подумал: если я сейчас продамся, то что же со мной дальше будет? Статью вынули из уже набранного номера. Тогда я не догадался взять верстку. Может быть, она сохранилась в ваших архивах?

— К сожалению, нет. Это было бы любопытным дополнением к списку ваших «природных» публикаций, который я составила, готовясь к сегодняшней встрече: «Биологические

предпосылки эволюции человека», «Роль вирусов в видообразовании животных», «Генетические последствия интенсивного применения пестицидов», «Хромосомная дивергенция севанских форелей» и многое другое, в том числе прекрасный научно-биографический очерк об А. А. Ляпунове.

Мы рецензировали Ваши фундаментальные монографии — «Краткий очерк истории эволюции» (совместная с Н. В. Тимофеевым-Ресовским и А. В. Яблоковым) и «Низшие томякообразные мировой фауны». Так что наши читатели в какой-то степени имеют представления о широте Ваших научных интересов и богатой географии исследований. Но при всем том в нашем журнале Вы не писали специально о проблемах экологии и не выступали как организатор каких-либо природоохранных дел. Это прошло мимо «Природы»!

— Я в первую очередь териолог — специалист по млекопитающим. Все мои учителя а териологии — С. И. Огнев, А. Н. Формозов, Б. С. Виноградов, В. Г. Гептнер — были энтузиастами заповедного дела, спасения исчезающих видов. Это давняя традиция. С проблемами охраны природы раньше всего столкнулись те, кто изучает

крупных зверей, гораздо раньше, чем, допустим, энтомологи или ботаники. Так что с экологией у меня отношения самые тесные и давние, начиная со студенческих времен.

В пору моей работы в Сибири и на Дальнем Востоке, т. е. в 60-е и 70-е годы, мне пришлось окунуться в борьбу за охрану природы в государственном масштабе. Сибирское отделение АН СССР только еще набирало силу, и я волею судеб прошел прекрасную школу, общаясь с выдающимися организаторами науки и учеными. Я имею в виду М. А. Лаврентьева, А. М. Будкера, А. А. Трофимука, А. П. Окладникова, Н. Н. Ворожцова, Г. К. Борескова. И Г. И. Марчук сюда входит. На самом заключительном этапе я принял участие в противостоянии теперь уже забытому «проекту века» — мы «хоронили» Нижне-Обскую ГЭС. Это проект, по которому предполагалось построить гигантскую плотину в районе Салехарда и затопить большую часть Западно-Сибирской низменности. Дело зашло так далеко, что при строительстве железной дороги до Тобольска запрещалось прокладывать пути в тех местах, которые подлежали затоплению.

Ученые стояли стеной. Там была масса обоснований, связанных и с засолением Обской Губы, и с тем, что возникнут чудовищные болота, и с тем, что погибнут стада мигрирующих осетровых и лососевых рыб, и с тем, что Западно-Сибирская низменность — о чем говорили А. А. Трофимук, А. Л. Яншин, Б. С. Соколов и все сплотившиеся вокруг них сибирские геологи — крайне перспективна на нефтегазоносность. Этому не верили. Если бы не забыли первые фонтаны, то вряд ли ученым удалось отстоять свою позицию.

Мне довелось принимать участие и в борьбе против Байкальского целлюлозного завода, который был построен несмотря на сопротивление СО АН СССР. Здесь первыми героями надо назвать Трофимука и, конечно же, Г. И. Галазия, который долгие годы возглавлял Лимнологический институт АН СССР,

и ветерана изучения Байкала М. М. Кожова. Сергей Герасимов взял Кожова в какой-то степени прототипом для персонажа своего, мягко говоря, неправдивого фильма «У озера» и тем, я считаю, нанес ему оскорбление. Это все — бескомпромиссные борцы, рыцари без страха и упрека.

Летом 1970 г. я целый месяц был представителем Сибирского отделения в Комиссии Комитета народного контроля СССР. Было установлено, что в принятом перед этим постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР о мерах по охране Байкала заложено много заведомо нереальных вещей. Например, за 2-3 года прекратить перевозку леса по Байкалу «сигарами», т. е. плотами. Баргузин разматывает плоты, лес тонет, озеро загрязняется. Был записан такой пункт, но сухогрузов для перевозки леса не существовало и их производство не планировалось. И так далее. Представители пяти министерств и тогдашнее местное руководство были настроены самые острые моменты замаскировать, попросту обмануть правительство. Вспоминаю месяц работы на нервное истощение. Результат получился в целом положительный.

В силу моего официального положения в Сибири и на Дальнем Востоке мне с такого рода проблемами приходилось соприкасаться часто. Но, может быть, хватит воспоминаний?

Если говорить о степени моей компетентности в делах, которыми предстоит заниматься теперь, то когда Николай Иванович Рыжков приглашал меня на пост председателя Комитета по охране природы, он, я думаю, отдавал себе отчет, что не получит готового министра. И я даже спрашивал его, не проще ли иметь хорошего ученого в качестве консультанта, чем неопытного министра. Но ясно, что если мне доверили этот пост, то понимали, очевидно, что я могу привлечь сюда ученых. Некоторым своим преимуществом я вижу то, что знаю московские, ленинградские, сибирские, дальневосточные институты и рассчитываю на самый прочный контакт.

— Вы могли бы рассказать о задачах Вашего Комитета, какими они представляются Вам при вхождении в должность?

— Комитет создан безумно поздно — всего лишь полтора-два года назад. Вопрос о том, что должен существовать всесоюзный орган по контролю за окружающей средой — а именно это на сегодня наша главная функция — ставился моими учителями В. Г. Гептнером, Г. П. Дементьевым и другими учеными того поколения, А. Г. Банниковым например. С конца 50-х годов стали один за другим возникать республиканские комитеты. К созданию Госкомприроды мы подошли только тогда, когда экологическая обстановка в стране стала критической и превратилась в источник социальной напряженности. Теперь стоит неотложная задача менять природоохранное законодательство, может быть, придется создать экологический кодекс наряду с гражданским и уголовным. Необходимо разработать действенные экономические рычаги. Мы должны разработать такой механизм, чтобы нерачительное отношение к природе было экономически невыгодно. И, наоборот, быстрое строительство хороших очистных сооружений, меры по ресурсосбережению должны давать предпринятию ощутимую прибыль. Возможно, что следовало бы заложить в прогрессивную шкалу налогов.

Мой предшественник Ф. Т. Моргун успел провести большую работу по созданию аппарата ведомства. Однако процесс создания органов Госкомприроды еще далек от завершения. Говорить о какой-либо своей сформировавшейся программе с моей стороны было бы несерьезно. Пока я могу сказать одно: я постараюсь вокруг Госкомприроды собрать грамотных людей, чтобы коллективно мы могли давать рекомендации. И, естественно, честные экологические экспертизы. У каждого руководителя в центре и на местах должны быть карты экологической обстановки в стране. Это требует организации картографической службы особого рода, которая должна базироваться на комплексных исследованиях. На

все это понадобятся средства, которыми наше ведомство пока не располагает.

Чтобы провести грамотную экологическую экспертизу, нужно в ряде случаев не просто выехать группе из нескольких экспертов на ту или иную стройку. Нам придется создавать собственные экспедиции, в которых должны участвовать почвоведы, географы, ботаники, геоботаники, лесоводы, зоологи, специалисты по очистным сооружениям и замкнутым системам водообеспечения, по ресурсоведению, гидрометеорологии и пр. Другими словами, в таких случаях требуется большая проработка вопроса, и Госкомприрода должна привлекать специалистов различных научно-исследовательских институтов. Они охотно пойдут, всем безразличны судьбы природы. Но сегодня, когда науку перевели на пресловутое самофинансирование, у Госкомприроды должны быть свои деньги, чтобы заплатить, допустить, Институту почвоведения ВАСХНИЛ за участие в экспедиции. Когда речь идет о том, строить или не строить предприятие в миллиарды рублей, мы должны иметь хотя бы десятую долю процента, чтобы заказывать соответствующие научные проработки.

В состав нашего ведомства, кроме нескольких научно-исследовательских институтов, входит около 30 заповедников, в основном биосферных. Это совершенно нищие организации, и люди, которые там работают, — просто подвижники. Это касается не только научных сотрудников, но и егерей, которые получают 100—120 руб., не имеют права держать скот и ходят под дулами браконьеров. Заповедникам необходима материальная поддержка.

— Такое приходится слышать чуть ли не обо всех областях нашего расшатанного хозяйства. Как тут быть при дефиците бюджета!

— А если я скажу, что не знаю? Это по крайней мере будет честно. Рассчитываю на наших экономистов. Буду изучать зарубежный опыт. Пока

он мне говорит следующее. Во всех развитых странах на мероприятия по охране природы тратится 5 % валового национального дохода. У нас в 1981—1985 гг. — 1,23 %, в 1988 г. — 1,32 %. Но когда мы говорим об этих 5 %, нужно помнить, что районы, которые попали в число зон экологического бедствия, получают огромные вливания сверх намеченной суммы. Американцам удалось очистить Великие озера только за счет больших дополнительных ассигнований. Приходится считаться с тем, что восстанавливать природу очень дорого. Поэтому нельзя скучиться на ее охрану.

— Итак, Вы теперь — представитель высшего эшелона того самого командно-административного аппарата, о котором сейчас принято судить на все лады. Ваш соратник по межрегиональной депутатской группе А. А. Собчак недавно даже напомнил, что этот слой в 18 млн. человек намного толще буржуазно-помещичьего слоя накануне Октябрьской революции. Простите за шутку. На самом деле, увеличение числа крупных ученых в правительстве страны вселяет надежды. Но я хотела спросить: как Вы считаете, вопросы охраны природы не могли бы более эффективно решаться на уровне Советов!

— Структура организации охраны природы в разных странах разная. В Швеции, Финляндии, ГДР этими делами ведают министерства. В США существует Агентство и вместе с тем Совет по экологии при президенте. У нас создан Комитет по вопросам экологии при законодательном органе — Верховном Совете СССР. Государственный комитет по охране природы — по статусу орган исполнительный. Но у нас функции контрольно-распорядительные. По идее контрольные функции должны принадлежать Советам. И когда меня утверждали, все члены Комитета по вопросам экологии настаивали, чтобы я в отличие от других министров остался народным депутатом. Этим они подчеркивали, что союзно-республиканское ведомство Госкомприрода

получает особые права. Я думаю, что наш Комитет должен быть двойного подчинения — Совету Министров и Верховному Совету.

В нашем ведении до сих пор находились 15 республиканских комитетов. Но в республиках начинается движение по передаче их республиканским Верховным Советам. Возможно, мы превратимся в Комитет экологического контроля, наподобие Комитета народного контроля.

— Вам уже довелось прикоснуться к работе Советов Министров!

— В небольшой степени. Но успел убедиться, что понимание значения экологических проблем там есть. В начале 12-й пятилетки у нас было 23 показателя, по которым Госплан вел учет рационального использования природных ресурсов и охраны среды. К 1989 г. они сократились до 7. По счастью, в плане на 1990 г. их число все же удалось увеличить до 17.

Большую тревогу вызывает невыполнение планов ввода в действие природоохранных объектов и недоиспользование государственных капитальных вложений, в частности, за 1986—1988 гг. В целом по стране план ввода в строй сооружений для очистки сточных вод выполнен на 63,1 %, по созданию водооборотных систем — на 66 %, по газоочистным сооружениям — на 73,8 %.

Перспективы на 1990 г. пока не радужные. В связи с трудным экономическим положением снижаются капитальные финансирования в целом, речь идет и о резком сокращении строительства природоохранных сооружений. Ситуация здесь по разным ведомствам, республикам и регионам неодинакова. Вызывает удивление, что Совет Министров Казахстана в своих предложениях по снижению выбросов вредных веществ от стационарных источников загрязнения предусматривает на 1990 г. показатели ниже, чем были в 1988 г., в том числе и по таким экологически неблагоприятным городам, как Актюбинск, Джам-

бул, Павлодар, Семипалатинск, Темиртау, Целиноград и Чимкент.

Конечно, нужно отдавать себе отчет, в каком положении находится страна. Но есть вещи, на которых нельзя экономить.

Мы будем также бороться за то, чтобы в число важнейших 14 тем государственной научно-технической программы, которая осуществляется Комитетом по науке и технике, ввести проблематику, связанную с экологическими исследованиями.

**— Вы не боитесь повторения экологических забастовок!**

— Они неизбежны, совершенно ясно, если не будет экологической гласности. Только полная гласность поможет двигать дело, вооружит армию неформальных экологических организаций и направит их в нужное русло. Люди должны владеть точными данными и сравнительными материалами. Они хотят понимать, куда идут процессы, что их ждет. Есть масса цифр, которые людям так же важно знать, как прогноз погоды. Вот, например, некоторые сведения по воздушному загрязнению от стационарных источников. На первое полугодие 1989 г. по сравнению с первым полугодием 1988 г. в большинстве городов выбросы уменьшились. Если говорить о твердых веществах, то в целом по стране — на 6 %. При этом в Москве — на 18 %, в страшно задымленном Новокузнецке — на 8 %. И то, и другое выглядит как будто бы утешительно, если это реальные цифры. Но что это фактически означает? В Москве за первое полугодие выброшено 140 тыс. т твердых веществ, а в Новокузнецке — 399 тыс., т. е. в 2,7 раза больше. А ведь Новокузнецк по сравнению с Москвой — малый город.

Или возьмем, например, Мариуполь. В нем за первое полугодие выброшено 385 тыс. т твердых веществ. Почти столько же, сколько в Новокузнецке. И при этом темп снижения по сравнению с прошлым годом — всего лишь 2 %. Если дело пойдет так, то Мариуполью понадобится 50 лет,

чтобы выбросы там уменьшились всего лишь в 2 раза и достигли цифры, которая много хуже, чем сегодня мы имеем в Москве.

— Известно, что у нас крайне неблагоприятная экологическая обстановка в сотнях городов. Но не обнародованы списки этих городов, ни тем более экспертная оценка качества воздуха, почвы, воды. Правда, ежегодно издается немало книг с таблицами и графиками, отражающими превышение ПДК чуть ли не по всей таблице Менделеева. Но такого рода литература — для служебного пользования. Даже «Природа» не может приводить все эти данные. Когда это перестанет быть «государственной тайной»!

— Свою позицию я высказал и намерен ее отстаивать. Сроков назвать не могу, но считаю, что дело это безотлагательное. Люди готовы терпеть, если уверены, что их ждет что-то лучшее. И будут стимулировать усилия в этом направлении, найдут оптимальные темпы. Если человеку скажут, что ситуация в его городе улучшится в течение 5—7 лет, — он может ждать, а если этот период растягивается на 15 лет — ожидание становится невыносимым.

**— Какие надежды Вы возлагаете на хозрасчет предприятий, регионов, республик!**

— Без поднятия общей экологической культуры это не заработает. Если мы будем говорить о полном хозрасчете, допустим, в рамках предприятий лесной промышленности, объединенных с лесным хозяйством, — это еще может привести к позитивным результатам. Здесь есть выгода беречь ресурсы. А переход на хозрасчет, например, строительства энергетических предприятий в этом смысле ничего не даст. Как у нас планировался каскад Нурекской и Рогунской ГЭС? Ну, горы, можно поставить высокий створ плотины. Но почему рядом, в пределах Таджикистана? Да потому что энергетикам было очень выгодно перебази-

ровать стройплощадку неподалеку — с одной «великой стройки» на другую. При этом совершенно не учитывались интересы таджикского народа. По сей день стоит вопрос о снижении отметки чудовищной Рогунской ГЭС — 300 м, чтобы она не затопила плодородные земли в долинах рек — притоков Вахша, Сурхоба и Обихингоу. К тому же не учитывалось, что изымаются многие кубометры воды из притоков Амударьи, которой и так не хватает Аралу. Вода у нас ничего не стоит, земля — тоже. Как и затопляемые сады и пашни...

— Но в условиях нового хозяйствования должны сильнее действовать штрафы. Допустим, некое предприятие находится на самозащитном уровне и Вы накладываете на него штраф за превышение ПДК!

— Есть опасность, что будет объявлена забастовка, которая потребует снятия штрафов. С такими вещами мы встречаемся. Я могу сказать, например, что в числе требований, которые высказывались шахтерами Сахалина, была отмена штрафов за загрязнение окружающей среды.

Теперь о региональном хозрасчете. Я был среди тех, кто очень симпатизировал идее хозрасчета в Прибалтийских республиках. И теперь с пониманием отношусь к тому, что они объявили свой суверенитет на землю. Но когда они объявляют свой суверенитет на пресные воды, мне это уже не очень понятно, потому что в Прибалтику текут воды из Белоруссии и с Верхне-Волжской возвышенности. Это просто пример. Я хочу сказать, что региональный хозрасчет может вызвать региональный эгоизм, с которым мы столкнемся при размещении новых предприятий.

Нужно учитывать экологическую емкость территории, какой она может выдержать антропогенный пресс. В тундре экологическая емкость одна, в тайге — другая, в зоне лиственных лесов — третья и т. д. Сколько можно строить предприятий в одном и том же регионе? Каков эффект наложения предельно допустимых и

даже более низких концентраций токсических соединений на ту или иную среду? Это очень серьезные вопросы, которые связаны и с теоретической стороной экологии, и с прикладной. К сожалению, они у нас мало разрабатаны. Но и сама постановка их важна.

Чтобы хозрасчет включился в решение экологических проблем, необходим высокий нравственный уровень их понимания во всех социальных группах, начиная с руководящих звеньев. Это потребует не только полной экологической гласности, но и серьезной просветительской работы. Ведь несколько десятилетий в наших школах не преподавалась общая биология и культивировались лозунги насилия над природой. Именно в это время профессия ученого-натуралиста перестала у нас быть престижной.

— В газете «Известия» Вы говорили, что в таких «непрестижных» у нас науках, как ботаника, зоология, почвоведение, гидробиология и др., мы все же занимаем лидирующее положение в мире. Нет ли здесь противоречия?

— Я должен напомнить, что очень высоко планка была поднята нашими предшественниками. Играет роль и то, что мы изучаем 1/6 часть света. Да, в конце-концов, у нас много прекрасных ученых. Но к классической биологии должного уважения нет.

Каждому англичанину известно, что он может гордиться Британским музеем естественной истории и гербарием Ботанического сада в Кью — одним из трех крупнейших гербариев мира (места между ними не разделены). А знает ли хотя бы каждый ленинградец, что на Аптекарском острове находится гербарий АН СССР, тоже один из трех крупнейших в мире? Не знает. Это же должно входить в нас как элемент национальной гордости, национального самосознания. На крупнейших коллекциях строится наша биологическая культура. Такая скромная вещь, как гербарные листы, дает возможность ретроспек-

тивного анализа и прогноза развития биосферы.

Мы дошли до того, что в союзной Академии — всего один академик и один член-корреспондент по ботанике. И это при таких блестящих ботаниках, пользующихся мировым авторитетом, как А. К. Скворцов — знаток отечественной флоры и систематик, В. Н. Юрцев — специалист в области арктической флоры и др. Хотя в целом мы и здесь начинаем отставать.

— Мне вспоминается Ваша речь на митинге сотрудников Академии наук СССР у здания ее Президиума, которые собрались для того, чтобы выразить свой протест, когда на собрании активы не были выдвинуты кандидатами в народные депутаты А. Д. Сахаров, Д. С. Лихачев, Р. Э. Сагдеев и другие достойные из достойных. Ваши слова произвели сильное впечатление.

— Думаю, потому, что я говорил то, что есть на самом деле. Академия наук находится в глубоком кризисе, который возник не сегодня. Давление на Академию, ее политизация, внедрение людей, далеких от науки, начались с выборов 1929 г. На протяжении последующих 60 лет в нее избирались, безусловно, и выдающиеся ученые. Но доля администраторов постоянно возрастала. И если бы дело пошло так и дальше, то Академия наук действительно превратилась бы в «Академию директоров».

Это, конечно, не значит, что директор института априори не достоин быть академиком. Вовсе нет. Но возьмем, к примеру, Дальневосточное отделение АН СССР. Начиная с 1972 г. только один человек — археолог Н. Н. Диков — был избран в Академию с должности заведующего лабораторией. Все остальные — директора. Согласитесь, это ненормальный процесс. А ведь там работают биологи мирового класса — морской биолог О. Г. Кусакин и палеоботаник В. А. Красилов.

— Так, может быть, писатели и публицисты справедли-

во нападают на академическую науку, обвиняя ее во всех экологических бедах!

— При всем, что я сказал, в подавляющем большинстве случаев — нет. Все-таки нельзя забывать, что в нашей Академии всегда существовало здоровое ядро.

— И последний вопрос. Каково Ваше мнение по поводу намечающегося строительства Катунской ГЭС!

— Многие авторитетные геохимики, в частности из Института геологии и геофизики СО и из Института геохимии им. А. П. Виноградова, крупные медики выступают против, говоря, что в этой зоне находятся огромные массивы ртути и колебания уровня воды в водохранилище могут провоцировать процесс метилирования ртути. Она будет отравлять воду и землю. Меня удивляет позиция, которую занимает в этом вопросе мой коллега по Сибирскому отделению, специалист по гидрохимии О. Ф. Васильев. Вызывают много сомнений заключения, которые даются его институтом по поводу проекта Катунской ГЭС. Экспертиза Госкомприроды РСФСР дала отрицательное заключение на этот проект.

— Но правительственное решение состоялось!

— Я бы не стал торопить события. На сегодня у нас пока нет денег на это строительство. И я думаю, что в ближайшее время мы поймем, что чистая природа Алтая дороже, чем энергетические ресурсы, которые нам сулит Катунская ГЭС.

— Николай Николаевич, разрешите от имени «Природы» пожелать Вам успехов в Вашем многотрудном деле во имя нашего общего блага. И спасибо за доверительный тон беседы.

© Беседу вела Н. В. Успенская.

# И. В. Урываева **История ГИПОТЕЗЫ канцерогенеза**



Ирина Васильевна Урываева, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Института биологии развития им. Н. К. Кольцова АН СССР. Занимается изучением различных аспектов размножения и дифференцировки соматических клеток. Монография (в соавторстве с В. Я. Бродским): *Genome Multiplication in Growth and Development. Biology of Polyploid and Polythene Cells*. Cambridge, 1985.

**В** ИСТОРИИ естественных наук немало примеров научного предвидения, неожиданных идей и решений. Случается, идея, опережая уровень развития науки, оказывается преждевременной и потому не воспринимается современниками, остается незамеченной или непонятой. Но рано или поздно та же закономерность переоткрывается. Нечто подобное произошло с двухмутационной гипотезой канцерогенеза.

В 1959 г. ее сформулировал В. А. Струнников — известный теперь генетик, академик АН СССР, президент Всесоюзного общества генетиков и селекционеров им. Н. И. Вавилова — в статье «Гипотеза возникновения рака в результате двух рецессивных соматических мутаций ингибитора митоза клеток». Но статья так и осталась в рукописи. Для отечественной науки это было страшное время лысенковщины, генетику еще не реабилитировали. Только в 80-х годах научная общественность была ознакомлена с кратким изложением этой гипотезы<sup>1</sup>, в мировом научном сообществе инициатором ее признается американский исследователь А. Г. Кнудсон.

Сейчас поздно восстанавливать приоритет Струнникова, но на примере двухмутационной гипотезы можно проследить пути рождения новой научной идеи.

## ГИПОТЕЗА В. А. СТРУННИКОВА И ЕЕ СЛЕДСТВИЯ

В научной мысли 50-х годов наиболее обоснованной считалась мутационная гипотеза, высказанная в 1914 г. Т. Бовери. По этой гипотезе злокачественные свойства признавались наследственным признаком, строго передающимся дочерним клеткам; предполагалось, что возникновению рака предшествуют мутации в соматических клетках тканей и органов. Но к этому времени развернулись работы по изучению опу-

<sup>1</sup> Струнников В. А., Урываева И. В., Бродский В. Я. // Доклады АН СССР. 1982. Т. 264. № 5. С. 1246—1249; Они же // Цитология и генетика. 1984. Т. 18. № 5. С. 380—391.

холой вирусного происхождения, исследователи видели открывающуюся возможность профилактики онкологических заболеваний, и мутационная гипотеза потеряла многих сторонников. Правда, главная причина, приведшая их в лагерь приверженцев вирусогенетической теории, крылась в противоречиях, содержащихся в самой мутационной гипотезе. Их осознавали и ее противники, и сторонники. Одно из противоречий — несоответствие между длительностью развития опухоли и быстротой мутационного процесса. В опытах по индуцированному мутагенезу мутации проявлялись сразу, а до появления опухоли проходило много времени. У человека латентный период, как мы знаем, может длиться годами и десятилетиями. Это пытались объяснить тем, что перерождение ткани наступает не от единственной мутации одного гена той или иной клетки, а лишь после того, как мутантной станет некоторая критическая масса клеток или мутации охватят несколько генов.

Струнников пытался объяснить латентный период необходимостью двух одинаковых мутаций в одной клетке. Имея дело с мутациями в генеративных клетках тутового шелкопряда — в яйцеклетках и спермиях, он пришел к выводу, что индуцированные мутации чаще бывают не доминантными, а рецессивными и связаны с выпадением функции изменившегося гена.

«Для онтогенетического развития организма жизненно важной является функция ограничения темпа митоза клеток. Этот темп должен быть строго подчинен потребностям данной специализированной ткани и определяться, как и все основные жизненные проявления, одной или несколькими аллеломорфными парами генов-ингибиторов. Для нашей гипотезы существенно количество ответственных за это пар; важно, чтобы нарушение деятельности одной, может быть, наиболее главной пары, расстроило бы строго налаженный процесс приторможенного митоза. Такие нарушения в результате мутаций обязательно должны быть, так как все без исключения гены подвержены наследственным и чаще всего депрессивным мутациям. Серьезное нарушение нормального отправления этой пары естественно приведет к альтернативному признаку — генетически не сдерживаемому митозу. Генетическое нарушение функции по аналогии с другими сходными летальными и полублетальными мутациями должно быть рецессивным.

Мутационная гипотеза возникновения рака представляется совсем в ином свете при условии рецессивного проявления фак-

тора злокачественного роста клеток. <...> Появление двух одинаковых мутаций в одной клетке — явление хотя и весьма редкое, но возможное.

К чему приведет появление соматических мутаций в гомозиготном состоянии? Совершенно очевидно, что какие бы ни были мутации, они не будут иметь значения для организма, особенно после завершения его роста, так как летальные и полублетальные мутации приведут клетку к гибели, не приносящей вреда ткани. Нейтральные или полезные соматические мутации также не будут иметь значения, потому что их количество среди нормальных клеток будет ничтожно мало.

И только одна единственная категория мутаций, обуславливающая нарушение нормальной приторможенной скорости митоза, окажется не только внешне обнаруживаемой, но и роковой для организма, так как клетка, потерявшая самоуправление, начнет неудержимо размножаться в колоссальном количестве и создаст явление, совершенно сходное с развитием злокачественных опухолей. В этом случае канцерогенез примет строго разграниченный двухстадийный характер, при котором уже совершенно неизбежным должен быть латентный период, наличие которого является камнем преткновения [общей мутационной] гипотезы.

<...> Эмбриональное развитие организма начинается нормальными клетками с двумя доминантными генами, определяющими нормальный темп митоза. Обозначим эту аллеломорфную пару символами  $I^c$  и  $i^c$ , что означает «ингибитор митоза» и, следовательно, рака. Этот первый период, еще совершенно свободный от необратимых предраковых генетических изменений, вероятно является непродолжительным. Время сразу же начинает работать на рак. В результате воздействий внутреннего и внешнего порядка, в том числе искусственно применяемых канцерогенов, начинают происходить мутации  $I^c$  в рецессивную форму  $i^c$ , растормаживающую в гомозиготном состоянии сдержанный темп митоза.

С появлением первой гетерозиготной клетки начинается первая стадия канцерогенеза. Эту стадию можно назвать предраковой, так как гетерозиготные клетки пока еще функционально нормальны, хотя уже и таят в себе угрозу возникновения злокачественных опухолей. Отмеченные онкологами предраковые состояния в виде тканевых изменений, с точки зрения мутационной гипотезы, нельзя строго дифференцировать. Это состояние не всегда приводит к возникновению рака и по существу является

## КАНЦЕРОГЕНЕЗ

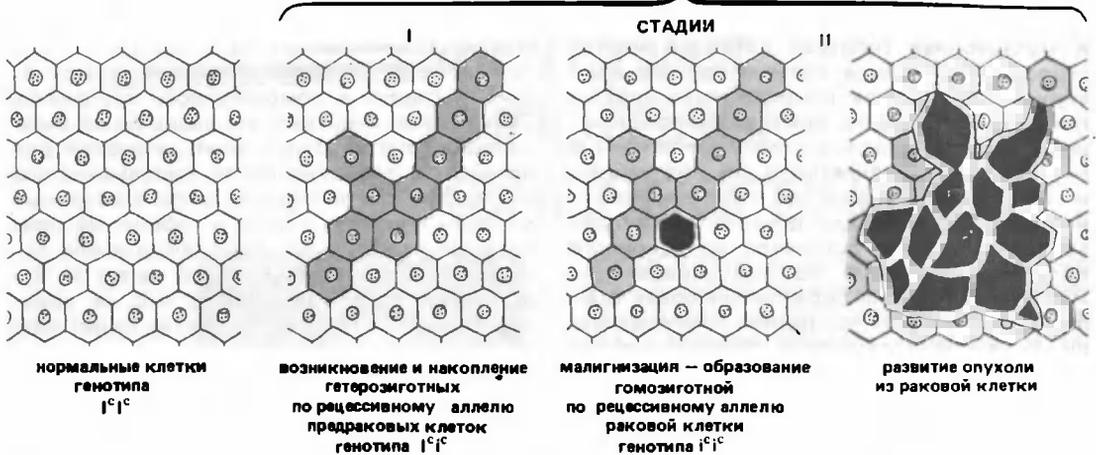


Схема двухстадийного канцерогенеза в результате двух рецессивных мутаций гена  $i^c i^c$  — регулятора митоза соматических клеток (по В. А. Струнникову, 1959).

патологическим состоянием ткани, повышающим скорость накопления гетерозиготных предраковых клеток.

Первая стадия длится до тех пор, пока в одной из гетерозиготных клеток не произойдет вторая мутация или нехватка, в результате чего возникнет клетка генотипа  $i^c/i^c$  или  $i^c$ /нехватка. Момент второй мутации по существу является малигнизацией, или превращением предраковой клетки в злокачественную — раковую. С этого момента начинается вторая стадия канцерогенеза, характеризующаяся развитием собственно злокачественной опухоли. Теперь уже нет фактора, сдерживающего митоз,— начинается неудержимое деление клеток».

Далее в статье анализируется гипотетический мутационный процесс, послуживший прототипом, источником для аналогии. «Хорошим объектом для демонстрации естественного и искусственного получения двух рецессивных мутаций в одной клетке могут послужить партеноклоны тутового шелкопряда, методика получения которых разработана Б. Л. Астауровым (1940). Партеногенетическое потомство, состоящее из самок, в каждом поколении полностью повторяет генотип своей матери, потому что размножение идет без редукции хромосом по типу митотического деления. Таким образом, всю совокупность половых клеток определенного количества партеногенетических самок можно по типу деления и по идентичности генотипов сравнить с многоклеточным организмом.

Поставим перед собой задачу — получить в партеноклоне особь, гомозиготную по какому-либо рецессивному признаку. Получение рецессива в гомозиготном состоянии легко достигается при половом размножении. Для этого достаточно получить одну мутацию, чтобы во втором поколении путем комбинаций двух рецессивных генов выделить  $1/4$  гомозиготных рецессивных особей. Гораздо сложнее получить рецессивную мутацию в гомозиготном состоянии в партеноклоне. Для этого нужно в одной половой клетке получить мутации двух аллеломорфных генов, т. е. воспроизвести предполагаемую картину генетического возникновения рака.

(...) Естественный ход мутационного процесса через длительное время мог бы, в конечном итоге, привести к спонтанному возникновению гомозиготной особи. Для более быстрого получения двойной мутации необходимо применить действие мутагенных факторов — ионизирующих излучений. (...) Однако за один прием облучения практически нельзя получить одновременно мутации двух аллеломорфных генов в одной клетке. Скорее, под действием ионизирующих излучений возникнут несколько гетерозиготных визуально не обнаруживаемых мутантных клеток. Чтобы получить двойную мутацию, нужны еще дополнительные облучения или размножение клона гетерозигот в течение продолжительного времени.

(...) Период от начала воздействия до получения гомозиготной рецессивной мутации, назовем его условно латентным периодом, будет зависеть от мутабельности гена. Зная частоту возникновения мутаций, можно рассчитать продолжительность ла-

тентного периода. Так, например, при естественной скорости мутаций  $1:10^5$  (одна мутация на  $10^5$  половых клеток одного поколения) при постоянном поддержании в каждом поколении  $100 \cdot 10^6$  партеногенетических самок потребовалось бы 100 поколений, чтобы получить  $10^5$  гетерозиготных клеток, в одной из которых в дальнейшем можно ожидать соответственно указанной выше частоте ( $1:10^5$ ) появления рецессивной мутации второго аллеломорфного гена.

Нетрудно рассчитать, что уменьшение частоты мутирования в 10 раз, т. е. до  $1:10^6$  клеток, повлечет за собой при всех прочих равных условиях увеличение «латентного периода» в 100 раз, что соответствовало бы  $10^4$  поколений. Наоборот, увеличение частоты мутаций с помощью ионизирующих излучений до  $1:10^4$  сократит латентный период до 1 поколения. Следовательно, продолжительность латентного периода увеличивается соответственно квадрату уменьшения частоты мутаций. Это положение очень важно для понимания ряда явлений канцерогенеза.

Конечно, приведенный пример получения двух одинаковых рецессивных мутаций в одной клетке у тутового шелкопряда практически невыполним, так как при частоте мутации  $1:10^5$  потребовалось бы иметь в одном поколении около 10 млрд партеногенетических особей. Однако эти цифры становятся реальными, когда мы обратимся к организму, состоящему из миллиардов соматических клеток. В этом случае возникновение двух одинаковых мутаций в одной и даже в нескольких клетках представляется уже естественным явлением.

Описание этого [абстрактного] генетического примера получения рецессивной мутации в гомозиготном состоянии в «митотически» размножающихся клетках хорошо иллюстрирует его огромное сходство с канцерогенезом, а ... сам факт наличия латентного периода превращается в позитивный довод справедливости мутационной гипотезы возникновения рака».

Как видно, Струнников моделировал генетические процессы при канцерогенезе по известному ему механизму, заданному экспериментом по получению гомозиготной мутации в партеногенетических клонах шелкопряда. Его двухмутационная гипотеза определялась представлением о раковой клетке как о гомозиготном рецессивном мутанте специальных генов, подавляющих клеточный рост. Всего две мишени должны быть поражены, чтобы клетка освободилась от нормальных ограничений роста и началось опухолевое перерождение, но попадания

должны быть меткими. До сих пор никем, кроме Струнникова, не отмечена количественная закономерность — степенная зависимость ракового перерождения клетки от частоты элементарных мутаций. Он же впервые в полной мере оценил жизненную важность практических последствий, вытекающих из этих количественных отношений.

Основной путь профилактики рака — уменьшение числа повреждений генетического материала клеток. Этого можно достичь как снижением мутагенных загрязнений в окружающей среде, так и усилением процессов репарации ДНК, например, под действием пищевых и лекарственных антимуtagens, антиоксидантов. Трудно переоценить эффективность таких мер, если учесть степенную зависимость возникновения рака от мутаций: даже незначительное сокращение мутагенов должно привести к снижению заболеваемости раком за счет удлинения латентного периода, болезнь отодвинется на более преклонный возраст, практически превышающий среднюю продолжительность жизни человека. Но достаточно незначительно усилить мутационный процесс, как раковые заболевания «омолодятся».

Исходя из представления о предраковой клетке как о гетерозиготном мутанте, Струнников оригинально трактует генетическую основу повторного возникновения опухолей после оперативного вмешательства.

«...Речь в данном случае идет о возникновении именно новой опухоли, а не о развитии случайно оставшихся после операции злокачественных клеток первого новообразования».

Вторая мутация ингибитора митоза может возникнуть при очень малом и очень большом количестве гетерозиготных клеток. Рецидивы будут в том случае, если в силу целого ряда условий (экзогенных и эндогенных) в определенной части ткани возникло много гетерозиготных предраковых клеток, а возникновение на их фоне первой гомозиготной раковой клетки в силу статистических законов случайно затянулось. После удаления первичной опухоли возможности проявления второй опухоли в этом случае будут велики, особенно при продолжающемся действии факторов, способствующих возникновению новых мутаций. Напротив, в случае возникновения первой гомозиготной раковой клетки в ткани, бедной гетерозиготными клетками и не подверженной повышенному действию мутагенных факторов, возникновение вторичной опухоли в этой области маловероятно».

Сейчас эти теоретические выкладки подтверждаются в экспериментах. Еще одно следствие двухмутационной гипотезы Струнникова — защищенность полиплоидных клеток от злокачественного перерождения.

«Прямым доказательством происхождения раковой клетки в результате двух рецессивных мутаций ингибитора митоза явилось бы сопоставление частоты возникновения рака у форм различных по набору хромосом (диплоиды, триплоиды и тетраплоиды) одного и того же вида. При справедливости мутационной гипотезы, основывающейся на двух рецессивных мутациях, триплоидные и особенно тетраплоидные формы должны быть в огромной степени устойчивее к раку по сравнению с диплоидной формой. Практически у этих форм рак не будет наблюдаться. Подобное явление, если бы оно было обнаружено, могло быть легко объяснено необходимостью мутирования у триплоидов трех аллеломорфных генов в одной клетке, а у тетраплоидов — четырех.

Все возрастающий перечень различных видов животных, в том числе и рыб, лягушек, насекомых, поражаемых злокачественными опухолями, и расширяющиеся экспериментальные возможности получения полиплоидных форм у животных (Астауров, 1940, 1955) дают право надеяться, что описанный выше эксперимент может быть в скором времени выполнен точно так же, как он сейчас выполнен на полиплоидных растениях и животных для доказательства генетической природы действия ионизирующих излучений».

Добавим, что эксперименты на полиплоидных видах животных не выполнены до сих пор и что подобные эксперименты возможны и на полиплоидных линиях клеточных культур.

Как видим, Струнников шел дедуктивным путем: из общих законов генетики он вывел частное правило.

## ПАРАДИГМА РЕТИНОБЛАСТОМЫ

Иной путь привел к двухмутационной гипотезе Кнудсона — специалиста в медицинской генетике и клинической онкологии. Он занимался изучением ретинобластомы (опухоль сетчатки глаза, относящейся к редким —  $1:10^4$  — наследственным онкологическим болезням семейного или спорадического характера, возникающим у детей — от новорожденных до семилетних) и, проанализировав методом математической статистики ее эпидемиологию, пришел к выводу, что семейная форма обеспечивается

одноударным, а спорадическая двухударным механизмом и что обе формы болезни — результат аналогичного двухмутационного процесса. После статьи «Мутация и рак: статистика ретинобластомы»<sup>2</sup> и утвердился его приоритет как автора двухмутационной гипотезы рака.

Позднее он уточнил первоначальную формулировку, указав на рецессивный характер мутаций и поражение аллелей<sup>3</sup>. У лиц с наследственной предрасположенностью дефектный ген приобретен от одного из родителей, и, следовательно, все клетки его тела имеют рецессивный дефект, который не проявляется фенотипически, но создает предрасположенность к возникновению опухоли сетчатки. Ретинобластома образуется после того, как в одной из клеток сетчатки будет повреждена или утрачена другая копия гена. Ненаследственные опухоли развиваются по такому же механизму с той лишь разницей, что обе мутации, превращающие нормальную клетку в злокачественную, должны произойти в одной и той же клетке сетчатки растущего глаза — ретинобласте.

Современная статистика показывает, что половина больных наследует ретинобластому, у 90 % таких детей опухоль глаза возникает обычно до трехлетнего возраста.

30 лет назад Струнников писал о наследственном раке: «Надо полагать, что зародыш, возникший из гетерозиготной зиготы ( $1:1^c$ ), должен погибнуть еще в эмбриогенезе или в самом молодом возрасте, так как для этого достаточно возникнуть всего лишь одной мутации в любой клетке, чтобы этим самым превратить ее в гомозиготную и, следовательно, в раковую». Нет необходимости даже комментировать эту цитату.

Гипотеза Кнудсона, родившаяся из статистического анализа заболеваемости, не имела в то время прямых фактических обоснований. Но идея была настолько привлекательна, а предсказания так определены, что именно вокруг ретинобластомы сконцентрировались научные силы, для ее изучения применялись самые современные методы — цитогенетики, молекулярной генетики и геной инженерии. Наследственно обусловленная ретинобластома как комбинация врожденной и соматической мутаций

<sup>2</sup> Knudson A. G. // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 1971. Vol. 68. № 4. P. 820—823.

<sup>3</sup> Knudson A. G. // Cancer Investig. 1983. Vol. 1. № 2. P. 187—193; Idem // Cancer Res. 1985. Vol. 45. № 4. P. 1437—1443.

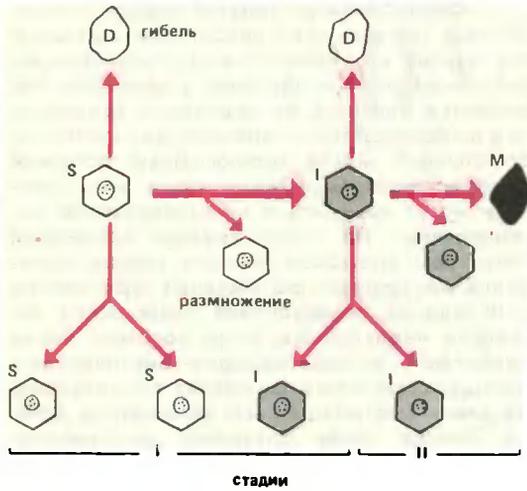
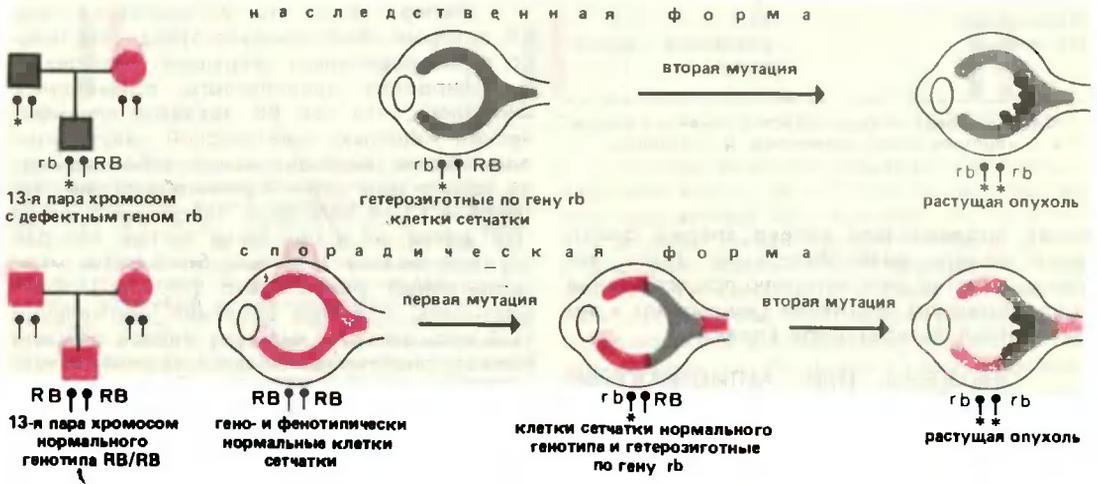


Схема превращения нормальной клетки в опухолевую в результате двухстадийного — двухмутационного — канцерогенеза (по А. Г. Кнудсону, 1985). S — стволовая, начальная клетка будущей опухоли; D — гибнущая или дифференцированная клетка; I — промежуточный гетерозиготный мутант одного гена; M — злокачественная клетка.

Двухмутационный механизм развития наследственной и спорадической форм ретинобластомы. При наследственной форме дефект (первая мутация) в одной из копий гена RB унаследован от одного из родителей и имеется во всех клетках тела. При этом фенотипически клетки сетчатки глаза нормальны, но предрасположены к опухоли. В результате второй мутации аллельного гена RB опухоль начинает расти. При спорадической форме у зародыша нормальный генотип, клетки сетчатки нормальны и генно-, и фенотипически. После первой мутации гена RB в сетчатке возникает область предрасположенных к ретинобластоме клеток, фенотипически вполне нормальных, а после второй мутации начинается рост опухоли.



сейчас подтверждена клинически, расшифрованы цитогенетические события, которые приводят к превращению нормального ретинобласта в опухолевый; установлено, что ретинобластомный ген (RB) локализован в 13-й паре хромосом, фрагмент ДНК выделен и клонирован. В нескольких лабораториях США ведутся эксперименты по идентификации этого фрагмента, который, пока по косвенным данным, является действительно нормальным ретинобластомы. Если этот ген, утраченный хромосомой, ввести в клетки ретинобластомы, они должны вернуться к нормальному состоянию. Это будет не только полной идентификацией гена, но и прообразом будущих методов лечения рака — коррекции генетических дефектов введени-

ем утраченных генов или их продуктов в раковые клетки.

В настоящее время возникла даже «парадигма ретинобластомы», которая служит источником аналогий при изучении конкретных цитогенетических механизмов возникновения разных видов злокачественных опухолей у человека.

Прошлые потери отечественной науки до сих пор удерживают ее на низком, в сравнении с мировым, уровне. Гипотеза Струнникова осталась неизвестной, никого не вдохновила на исследование генетики рака, в нашей стране и по сей день нет специалистов, которые экспериментировали бы с позиций двухмутационной гипотезы. Зато за рубежом подобного рода исследо-

### Утрата фрагментов ДНК в хромосомах при разных онкологических заболеваниях человека

Опухоль	Хромосома, в которой утрачен фрагмент ДНК**
Ретинобластома*	13q
Остеосаркома*	13q
Опухоль почки Вилмса*	11p
Рабдомиосаркома	11p
Гепатобластома	11p
Гепатоклеточная карцинома	11p
Рак мочевого пузыря	11p
Карцинома почки*	3p
Мелкоклеточный рак легкого	3p, 13q, 17p
Другие типы рака легкого	3p (реже 13q, 17p)
Рак молочной железы	11p, 13q
Рак желудка	13p
Рак толстого кишечника*	5q, 17p, 18q, 22 и др.
Инсулинома*	11
Феохромоцитомы*	1p, 22
Медуллярный рак щитовидной железы*	1p
Менингиома*	22
Меланома	различные хромосомы

\* Опухоли, среди которых известны семейные формы.  
\*\* p — короткое плечо хромосомы, q — длинное.

вания продвинулись далеко вперед благодаря модели ретинобластомы. Здесь, видимо, уместно дать читателю представление о современном состоянии таких работ в виде краткой литературной справки.

### ОНКОГЕНЫ ИЛИ АНТИОНКОГЕНЫ?

К настоящему времени гены, причастные к развитию рака и названные Кнудсоном антионкогенами, выделены в новый класс. Их название возникло из противопоставления хорошо известным онкогенам. Первый из выделенных антионкогенов — ген RB.

В 70-х годах кроме ретинобластомы были исследованы такие опухоли детского возраста с наследственной предрасположенностью, как опухоль почки Вилмса, нейробластома, феохромоцитомы и другие, причем первая из них, имеющая и семейную, и спорадическую формы, изучена почти так же подробно, как и ретинобластома. У таких больных в коротком плече 11-й хромосомы недостает небольшого фрагмента, значит, ген, утрата (или мутация) которого приводит к болезни, локализован в этой области. Доказано это и в опытах: после введения в культуру клеток опухоли Вилмса нормальной 11-й хромосомы опухолевые свойства исчезают.

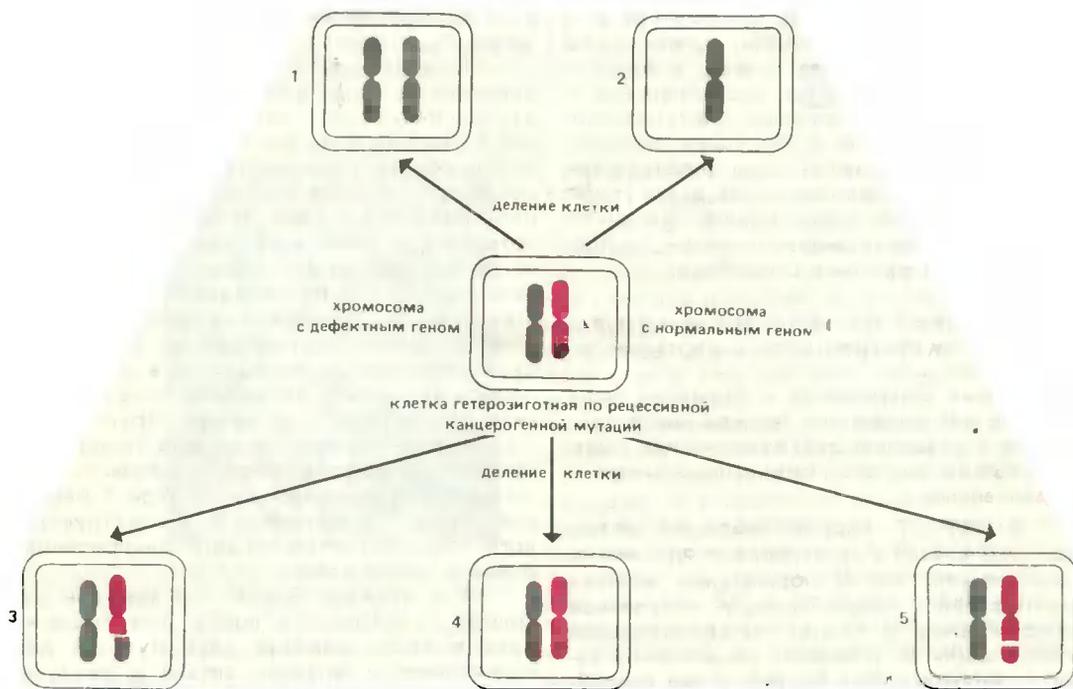
Сейчас активно ведутся поиски антионкогенов, поскольку исследователи надеются, что изучив их, можно понять происхождение самых разных опухолей у человека. Начинаются поиски с исследования хромосом под микроскопом — типичные для какой-либо опухоли места хромосомных поломок и перестроек указывают, что в этих участках могут находиться инактивируемые антионкогены. Но столь грубые изменения структуры хромосом бывают редко, выпадение достаточно протяженных фрагментов ДНК или их перестановки чаще всего визуально неразличимы в хромосомах. Тогда прибегают к молекулярно-генетическому методу, известному как анализ полиморфизма длины рестрикционных фрагментов ДНК. Во многих типах опухолей, как наследственных, так и тех, которые к таковым до сих пор не относили, этим методом выявлены утраты гомологичных локусов, предположительно несущих антионкогены<sup>4</sup>.

Теперь ясно, что исследования гена RB, которым первоначально отводилась только роль модельных, открывают перспективы широкого клинического применения. Оказалось, что ген RB является специфической мишенью генетической инактивации при многих онкологических заболеваниях: не только при редкой ретинобластоме, которой в США ежегодно заболевают около 1000 детей, но и при таких частых, как рак грудной железы (130 тыс. больных) и мелкоклеточный рак легкого (30 тыс.). Если вспомнить, что при введении нормальной 11-й хромосомы в культуру клеток опухоли Вилмса она теряет злокачественные свойства, станет понятно, насколько насущны поиски этих клеточных генов.

Открытие антионкогенов в последние годы затуманило казавшуюся достаточно ясной картину канцерогенеза, в которой виновниками возникновения опухолей большому числу теоретиков и практиков представлялись мутантные протоонкогены, ставшие онкогенами. Сейчас в одной и той же опухоли обнаружены и активирующие мутации протоонкогенов, и утрата гомологичных хромосомных локусов с антионкогенами. Следовательно, необходимо признать множественность и сложность генетических изменений, приводящих к злокачественной трансформации клетки. И все же остается вопрос, каким из них принадлежит ключевая роль?

Протоонкогены обеспечивают передачу между отдельными клетками и внутри

<sup>4</sup> Ponder B. // Nature. 1988. Vol. 335. № 6189. P. 400—402.



Варианты цитогенетических механизмов, которые predisполагают к канцерогенезу гетерозиготную по дефектному гену клетку превращают в опухолевую [по: Hansen M. E., Cavence W. K. // *Cancer Res.* 1987. Vol. 47. № 21. P. 5518—5527]: при клеточных делениях нормальная хромосома теряется, а дефектная удваивается [1]; утрачивается нормальная хромосома, образуется моносомия—клетка только с дефектным геном [2]; из-за перестановок сегментов хромосом в митозе нормальная хромосома получает дефектный сегмент [3]; происходит мутация в нормальной хромосоме [4]; утрачивается сегмент с нормальным геном [5].

них информации о регуляции клеточного деления. Эти гены активны во время эмбрионального развития, роста организма, при заживлении ран, восстановлении органов.

Антионкогены расценивают как гены дифференцировки и, возможно, истинно ключевые гены рака. Понятно, что специально для подавления опухолевого роста они не предназначены природой, они дают о себе знать, когда отсутствуют. Злокачественное перерождение клетки — единственный вид «болезни» этих генов, единственное фенотипическое проявление их нарушений. Опухолевые мутации антионкогенов — это мутации, приводящие к потере функции. Они рецессивны по отношению к нормальному аллелю и проявляются только при дефектности или утрате обеих копий.

Сейчас возникла тенденция рассматривать оба класса генов если не в качестве функциональных антагонистов, то хотя бы как разные звенья единой системы регуляции размножения и дифференцировки клетки. Протоонкогены относят к позитивным регуляторам клеточного роста, обеспечивающим и усиливающим процесс, а антионкогены — к негативным, подавляющим и запрещающим межклеточные и внутриклеточные сигналы.

Но недавно открыты тесные связи между онкогенами и антионкогенами<sup>5</sup>. Обнаружено, что онкобелок, кодируемый вирусным онкогеном, способен образовывать стабильный комплекс и таким образом инактивировать клеточный белок — продукт нормального гена RB. Отсюда следуют важные выводы. Доминантный эффект активированных клеточных или внесенных вирусами онкогенов может быть обусловлен функциональной инактивацией антионкогенов; любое соединение, способное специфически и стабильно связываться с RB-белком, будет потенциально опухолеродным, так как приведет к тем же последствиям, что и утрата гена RB или его мутация.

Известно, что один и тот же фено-

<sup>5</sup> Linzer D. J. H. // *Trends in Genetics.* 1988. Vol. 4. № 9. P. 245—247.

типический эффект может достигаться разными путями. Теоретически, инактивацию антионкогенов способна вызвать и единичная доминантная мутация протоонкогена, и даже воздействие фактора немутагенной природы. Возможно, в будущем выяснится, что потеря функции пары «противоопухолевых» генов, предсказанная двухмутационной гипотезой — это общий механизм опухолевого перерождения клетки, осуществляющегося разными способами.

### ЕЩЕ РАЗ ОБ ИСТОРИИ И АВТОРАХ ДВУХМУТАЦИОННОЙ ГИПОТЕЗЫ

Кроме Струнникова и Кнудсона были и другие исследователи, так или иначе причастные к созданию двухмутационной гипотезы. Среди них есть имена признанные и непризнанные.

В 1969 г. Г. Харрис, наблюдая за поведением клеток в культуре, вне организма, предположил, что в нормальных клетках имеются гены, сдерживающие опухолевое перерождение. В опытах по соматической гибридизации он установил рецессивный характер опухолевого фенотипа и его способность «исправляться» под влиянием нормальных клеточных генов. Но результаты Харриса были встречены скептически и только позже неоднократно воспроизведены другими специалистами. Феномен подавления злокачественности в соматических гибридах между опухолевыми и нормальными клетками стал классическим<sup>6</sup>.

Некоторые авторитетные исследователи считают, что подлинный инициатор идеи о двухмутационной природе наследственных раков не Кнудсон, а Р. де Марс, высказавший ее двумя годами раньше — в 1969 г. — на симпозиуме по фундаментальным исследованиям рака (Балтимор, США)<sup>7</sup>. По де Марсу, индивидуум, предрасположенный к семейной форме рака, может быть гетерозиготным носителем рецессивной мутации, а опухоль возникает в результате последующей соматической мутации, из-за которой клетка становится гомозиготной по «раковому» гену. Как считает Б. Пондер, Кнудсон распространил эту идею

и на спорадические формы и выразил ее как общую гипотезу «двух ударов».

Еще раньше, в 1963 г., в статье «Канцерогенез и предупреждение рака» Р. Берч, изучавший радиационные лейкозы у жителей Хиросимы и Нагасаки и пытавшийся объяснить генетику наследственных форм лейкозов, а также латентный период при канцерогенезе, изложил свою гипотезу, по которой в канцерогенез вовлечены два аутомных локуса из 21-й пары хромосом, причем один из них регуляторный, а другой — структурный<sup>8</sup>. Предрасположенность к лейкозу создается наследованием одной или двух рецессивных мутаций, а в латентный период возникают три мутации — в двух регуляторных генах и в одном структурном.

В его подходе отчетливо проступает принцип двухмутационной гипотезы — симметричность поражаемых локусов и рецессивность «канцерогенных» мутаций структурного гена, контролирующего дифференцировку и митоз клетки.

Как нередко бывает, ко времени открытия Кнудсона — в конце 60-х годов — идея о необходимости двух мутаций для возникновения опухоли витала в воздухе. Восприятие ее могло быть подготовлено работами 1969 г. на дрозофиле и соматических гибридах. Подсказку несли и научная литература тех лет — отдельные специалисты обращали внимание на утрату генетического материала в опухолевых клетках.

У Струнникова предшественников не было. Он пришел к своей гипотезе, основываясь на общих генетических законах наследственности.

Берча никто не цитирует в связи с двухмутационной гипотезой, хотя его статья и опубликована в одном из самых известных научных журналов. Почему? По-видимому, работу забыли или не поняли. Кнудсону повезло: созревшая для восприятия новой идеи научная общественность одарила его признанием приоритета.

Здесь стоит, пожалуй, сделать оговорку: отечественная школа генетиков в 20—30-х годах была очень сильной, и, если бы ее не уничтожили, кто знает, может быть, гипотеза Струнникова и была бы оценена по достоинству.

<sup>6</sup> Harris H. // *Cancer Res.* 1988. Vol. 48. № 12. P. 3302—3306.

<sup>7</sup> Cairns J. // *Nature.* 1984. Vol. 307. № 5947. P. 116.

<sup>8</sup> Burch P. R. J. // *Nature.* 1963. Vol. 197. № 9873. P. 1145—1151.

# А.Л.Суханов **Мобильные материки ВЕНЕРЫ**



Алексей Львович Суханов, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории сравнительной планетологии Геологического института АН СССР. Занимается изучением рельефа планет земной группы и его сравнением со структурами Земли. Неоднократно выступал в «Природе».

**В** ОДНОЙ из комнат Института геохимии и аналитической химии (ГЕОХИ) им. В. И. Вернадского АН СССР на стене висит листок с заголовком: «Что увидит „Магеллан“ на земле Афродиты?» Далее следуют фамилии, и против каждой — такие странные для непосвященных словосочетания: «Сводовые понятия типа Беты. Артемида — ударный многокольцевой бассейна. Артемида — проваленная Теллура. Комбинация овоидов с грядами. Маассивный добротный паркет. Атла+Теллура=Бета».

Это специалисты по геологии Венеры изошряются в прогнозах строения ее экваториального поднятия — земли Афродиты, которая будет заснята в 1990 г. радаром американской станции «Магеллан» с разрешением 120—300 м. Пока что имеются изображения этой области с разрешением лишь около 100 км, и реальная картина может оказаться удивительнее всякого предсказания. Но все же эти прогнозы имеют реальную почву — строение сходных возвышенностей северного полушария, заснятых станциями «Венера-15, -16». Этим возвышенностям и посвящена данная статья, продолжающая недавнюю публикацию в «Природе», где разбирались строение низменностей Венеры<sup>1</sup>.

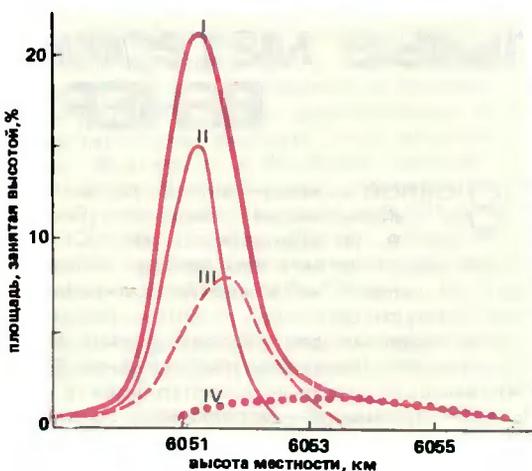
## ВЫСОТА И СОСТАВ

Сравнительно небольшая часть возвышенностей представлена огромными вулканическими куполами типа купола Беты и складчато-надвиговыми хребтами, обрамляющими плато Лакшми<sup>2</sup>. Но в основном они образованы «паркетом» — своеобразными узорчатыми структурами, созданными пересечением двух-трех систем прямолинейных и изогнутых гряд и борозд. «Паркет» покрывает сотни тысяч квадратных километров поверхности на приподнятых блоках коры, названных тессерами, или на их останцах, выступающих среди базальтовых равнин.

Хотя на Земле у этих загадочных образований вроде бы нет аналогов, напра-

<sup>1</sup> Суханов А. Л., Пронин А. А. Спрединг на Венере // Природа. 1989. № 5. С. 27—37.

<sup>2</sup> Подробнее см.: Барсуков В. Л., Базиляевский А. Т. Геология Венеры // Природа. 1986. № 6. С. 24—35.



Распределение высот на Венере. Наблюдаемое распределение (I) на самом деле может складываться из трех отдельных кривых, соответствующих разным типам строения коры: равнинам (II), тессерам (III), сводовым поднятиям и складчатым системам (IV).

шивается сравнение тессер с земными материками. Но материка Земли — это не просто возвышенности, а блоки гранитно-осадочного вещества, «плавающие» в сплошном базальтовом слое. Поэтому надо разобратся, является ли кора Венеры однослойной — базальтовой (тогда тессеры — всего лишь утолщения того же базальтового слоя) — или же состоит из двух слоев — сплошного базальтового и легких материковых блоков на нем. Окончательно этот вопрос не решен, но второе предположение представляется более обоснованным.

Во-первых, на Луне, Меркурии и Марсе кора тоже двуслойна: низменности сложены более плотными породами (на Луне это базальты), возвышенности — более легкими (габбро-анартозиты Луны). Если Венера — исключение в этом ряду, то почему?

Во-вторых, на Венере даже небольшие останцы тессер отделены от равнин довольно крутыми уступами с «изломанными» очертаниями, и хоть на несколько сотен метров, но тессеры обязательно возвышаются над равнинами. Можно, конечно, предположить, что крупные блоки поддерживаются за счет притока веществ из недр или давления соседних блоков. Но если говорить о небольших блоках (десятьки километров), то такая динамическая поддержка вряд ли возможна, и, скорее всего, они возвышаются над окружающими равнинами благодаря меньшей плотности. Характерно, что чем крупнее такой блок, тем выше его ус-

тупы. Так, края тессеры Фортуны местами поднимаются над соседними равнинными участками почти на 3 км, что сопоставимо с перепадами высот на материковых склонах Земли, кора которой также имеет сложное строение.

В-третьих, распределение высот в рельефе Земли имеет два пика, соответствующие средним высотам материков и дна океанов, и тем самым отражает двуслойность строения коры. Но на гистограмме Венеры, построенной по данным американского аппарата «Пионер-Венера», всего один пик, что считалось доводом в пользу однослойной коры, представленной базальтами. Однако при внимательном изучении оказалось, что эта гистограмма асимметрична. Это позволило М. С. Малину из Аризонского университета (США) и О. В. Николаевой из ГЕОХИ АН СССР независимо друг от друга предположить, что она образована двумя сливающимися симметричными пиками, один из которых соответствует базальтовым низменностям, а другой — «материковым» склонам. Иными словами, получается, что кора Венеры двуслойна.

И, наконец, в-четвертых, большинство пород Венеры, проанализированных советскими станциями, приходится на равнины и имеют базальтовый состав. Но одна из станций, «Венера-8», села на поднятие высотой 0,5—1,5 км (типичная высота тессер), а на имеющемся мелкомасштабном радиотелескопическом снимке этого района видна кольцевая структура, похожая на оvoidы, которые характерны для зон перехода от тессер к равнинам. Так вот, именно эта станция зафиксировала не базальты, а, скорее, сиениты (относительно легкие породы, обогащенные полевыми шпатами)<sup>3</sup>.

Итак, похоже, что приподнятые блоки действительно отличаются по составу от базальтов равнин. А если они и на самом деле обогащены полевыми шпатами, то это сближает их с материками Луны (где преобладают кальциевые плагиоклазы) и Земли (где также играют большую роль калий-натриевые полевые шпаты). Но, по всей видимости, дифференциация вещества на Венере происходила иначе, чем на Луне, где летучие компоненты быстро диссипировали, и иначе, чем на Земле, где много воды. Поэтому пока можно сказать, что материка Венеры сложены породами, менее плотными, чем базальты.

<sup>3</sup> Флоренский К. П., Николаева О. В. // Доклады АН СССР. 1976. Т. 262. № 5. С. 1245—1249.

## ДВИЖЕНИЕ БЛОКОВ И СУБДУКЦИЯ

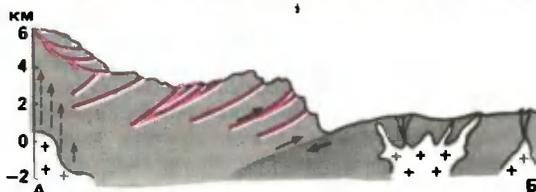
Важную информацию о перемещении вещества Венеры дает соотношение тессер с лавовыми равнинами. В относительно спокойных областях тессеры местами имеют сравнительно тонкий базальтовый покров, из-под которого проступают останцы тессер, а базальты испещрены характерной сетью трещин и даек, похожей на «паркет». Очевидно, «паркет» продолжается и под базальтовым покровом.

Но в местах интенсивных деформаций тессеры рассечены крупными расщелинами и грабенами на блоки и как бы раздвинуты: зоны раздвигания заполнены лавами и грядово-бороздчатыми магматическими поясами, а фронтальные части блоков надвинуты на равнины. Структуры у краев блоков говорят о том, что они не только могут двигаться по прямой, но и несколько разворачиваться. К тому же, судя по косвенным признакам, относительное движение соседних блоков иногда изменяется, и раскрывшийся было грабен начинает сжиматься. Иными словами, «паркетные» блоки вполне автономны.

А на стыке земли Иштар с полярными равнинами, возле области наиболее молодого спрединга, обнаружена структура, похожая на земные зоны субдукции на границе материков и океанов. Частичное поддвигание базальтовых равнин под массив земли Иштар, по гравиметрическим данным, возможно также в южной части высокогорного плато Лакшми, у северного края тессеры Фортуны (где два грядовых пояса исчезают под краем тессеры), у юго-западного уступа гор Акны (где субдукция, похоже, сочетается с региональными сдвигами) и в восточной части возвышенностей северного полушария.

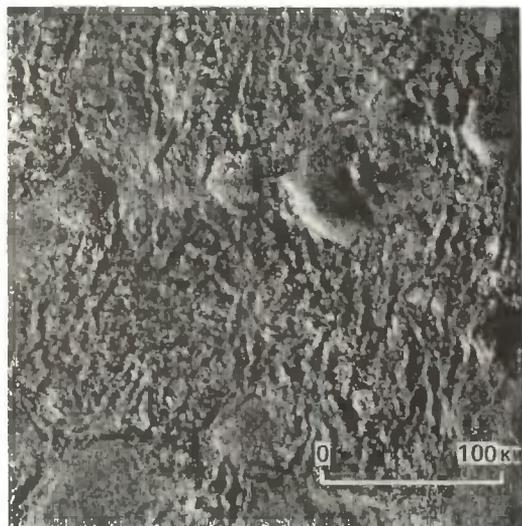
Очевидно, что высокая температура на поверхности Венеры (470 °С) должна сказываться и на физико-химических процессах в ее коре. В частности, прогрев коры препятствует переходу поддвигаемых базальтов в более плотную эклотитовую фазу, и поэтому опускающаяся плита не тонет в мантии, а движется сравнительно полого. Строго говоря, такое поддвигание отлично от земной субдукции и условно может быть названо полой субдукцией.

При столкновении двух «материковых» блоков значительное поддвигание, по-видимому, невозможно, и в этом случае сдавленная литосфера подвергается смятию, «торошению» и утолщается. Этим путем, очевидно, образовались горы Максвелла высотой около 11 км.



-  Лёгкий блок коры
-  Более тяжелая базальтовая кора
-  Интрузивы
-  Разрывы
-  Повышенный тепловой поток
-  Направления перемещения вещества

Радарное изображение (вверху) и схематический профиль (внизу) зоны пологой субдукции, где полярная равнинная плита со всеми ее структурами уходит под горную систему Фрейи. В области гребня хребта структуры выглядят размытыми, как бы расплывающимися — возможно, под этой зоной идет переплавка поддвинутой плиты. Все приводимые изображения сделаны станциями «Венера-15 и -16», «освещенные» справа.



Хаотические «паркетные» структуры с остатками древних кольцевых форм. Этот почти горизонтальный участок, вероятно, один из древнейших на поверхности Венеры.

В целом же массив земли Иштар и примыкающих к ней возвышенностей можно представить как место, где за счет поддвигов и утолщения коры компенсируется ее растяжение в других местах: в области земли Афродиты и зоне грядовых поясов на  $150\text{--}250^\circ$  в. д. Судя по плотности ударных кратеров и наличию здесь реликтов каких-то переработанных крупных зон дробления и кольцевых форм, эти возвышенности можно отнести к наиболее древним на Венере.

Итак, возвышенности северного полушария отличаются от базальтовых равнин характерным высотным положением, своеобразной внутренней структурой, древним возрастом и, предположительно, иным химическим составом (обогащение полевыми шпатами). По соотношению структур возвышенности и базальтовые равнины Венеры напоминают материки и океанические области Земли. Похоже, слово «материки» в приложении к Венере можно употреблять и без кавычек, поскольку они подвержены перемещениям, в какой-то мере сходным с перемещениями материков Земли.

К сожалению, трудно сказать что-то определенное о способе образования материков и их первичной структуре. Можно лишь предполагать, что первичная легкая и тонкая кора сформировалась на всей планете одновременно, а затем какие-то процессы (например, волочение астеносферными потоками) «сгребли» эту первичную

кору с полевыми шпатами в единый приполярный массив. (Не исключено, что симметричный ему массив лежит и по другую сторону оси спрединга — у южного полюса, еще не покрытого съемкой.)

Но следов такого «сгребания» и «скупчивания» мы не видим, так как поверхность материков интенсивно преобразована. Во-первых, сказалось последующее раскалывание и раздвигание этого массива, а во-вторых, сработал характерный для Венеры процесс образования «паркета». Протекая в несколько этапов, он стер почти все предшествующие структуры и омолодил рельеф материков, но не изменил при этом состав их вещества, которое может быть и очень древним.

При формировании «паркета» приповерхностное вещество подвергалось значительным горизонтальным напряжениям и перемещениям, и все же этот способ мобилизации материала явно отличается от классического перемещения цельных кусков материковых плит Земли.

#### «ПАРКЕТ»

Как уже отмечалось, «паркет» образуется пересечением двух-трех систем гряд и борозд, и, что самое главное, такой рисунок распространен на огромных территориях, достигающих иногда миллионов квадратных километров.

В относительно спокойной обстановке на субгоризонтальных поверхностях «паркет» представлен рисунками двух типов. Встречаются ромбический, или решетчатый, рисунок, в котором субпараллельные прямые борозды и гряды пересекаются под углами  $30\text{--}40^\circ$ , образуя довольно правильную геометрическую сетку, а также хаотический рисунок, где борозды и гряды прихотливо изгибаются, образуя дуги и петли, или распадаются на беспорядочные скопления холмов и мелких впадин. В таком беспорядочном «паркете» встречаются реликты крупных кольцевых структур: если это остатки ударных кратеров, то они должны были сохраниться с периода интенсивной метеоритной бомбардировки, т. е. возраст вещества материков превышает  $3\text{--}3,5$  млрд лет.

В тех случаях, когда поверхность «паркета» приобретает наклон, пусть и очень слабый (десятые и даже сотые доли градуса), рисунок ее меняется. Это значит, что материал двигался вниз по склону в виде огромных пластин, оползней и потоков<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Суханов А. Л. // Геотектоника. 1986. № 4. С. 60—76.



Преобразование двух типов [I и II] «паркетных» структур при увеличении наклона местности и, соответственно, при росте мобильности вещества: А — хаотические и ромбические рисунки на горизонтальной поверхности; Б — оплывающий и шевронный рисунки на пологом склоне; В — рисунки в виде потоков и глетчеров на значительных уклонах.

Например, к юго-востоку от земли Иштар лежит область Теллуры — куполовидное поднятие поперечником до 2 тыс. км и высотой до 2—3 км. В его центре на субгоризонтальной поверхности структуры имеют довольно правильный ромбический рисунок. Но на склонах купола эти ромбовидные блоки как бы наезжают друг на друга, образуя подобие черепицы. С приближением к краям купола появляются крупные трещины, которые отделяют огромные пластины протяженностью в десятки и сотни километров, соскальзывающие к п. дню; рисунок структур на поверхности пластин уже совсем иной. Фронтальные части этих гигантских оползней погребают мелкие детали равнинного рельефа, а тыловые трещины отрыва заполняются большими объемами базальтов, образуя «ванны» поперечником в десятки километров.

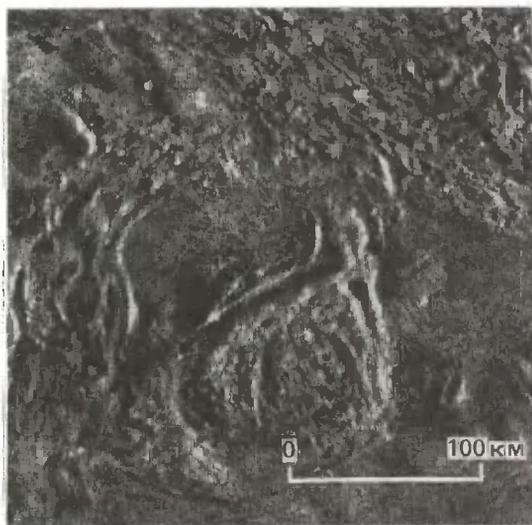
На более крутых склонах соскальзывающие блоки оставляют за собой еще более крупные ниши отрыва, заполненные лавами, или огромные тыловые грабены — до 100 км шириной и 1 км глубиной.

В некоторых случаях вещество, слагающее «паркетные» структуры, приобретает такую подвижность, что образуются сложные потоки длиной в сотни километров,

сползающие по ничтожным уклонам. Иногда они имеют четкие границы, а иногда их удается распознать лишь по систематическим искривлениям линий ромбического рисунка, по перекрытиям более древних структур и т. д.

И наконец, при максимальной подвижности вещества тессер наблюдаются признаки одновременного перемещения огромных масс материала на площади более 0,5 млн км<sup>2</sup> — в виде субпараллельных потоков со смыкающимися краями, протягивающихся почти на 1000 км. Поверхность потоков испещрена поперечными прямыми и дугowymi трещинами и валами, по рисунку напоминающими ледниковые формы рельефа. В самом начале потоков, на возвышенностях такие трещины имеют вид редких широких расселин, местами заполненных лавами, а на равнинах или перед повышениями рельефа, где потоки «тормозятся», трещины становятся частыми и закрытыми. По краям и перед фронтом некоторых потоков образуются узкие депрессии — равнины как бы прогибаются под тяжестью наползающего материала. Как и ледники, эти потоки, спустившись с поднятия, могут продолжать движение по горизонтальной местности (поэтому между собой мы называем их «ползунами»).

Итак, на материках Венеры широко распространены крупномасштабные структуры гравитационного оползания и течения, которые накладываются на кольцевые структуры материков и складчато-надвиговые горные системы, возникшие при собственных перемещениях материковых бло-



Оползание материкового вещества на крутых склонах. Видно, что округлый блок (в нижней части снимка) соскальзывает с южного уступа плато Лакшми, оставляя за собой залитую базальтами нишу отрыва.

ков. На участках, затронутых этими движениями, почти не сохранились следы предшествующего рельефа, что говорит о большой подвижности материала. Такой специфический «мобилизм» материкового вещества обнаружен только на Венере.

#### АНАЛОГИ И МЕХАНИЗМЫ

Единственным аналогом «паркета» на планетах земной группы можно считать так называемые ореолы вулкана Олимп на Марсе. Этот вулкан расположен на склоне поднятия Фарсида, и от его подножия вниз по склону тянутся гигантские «лепестки» — поля материала, рассеченного перекрещивающимися бороздами с признаками горизонтальных перемещений и перекрытий, свидетельствующих о двух-трех последовательных генерациях структур.

Из нескольких объяснений этого феномена наиболее правдоподобной выглядит идея о мощном слое многолетней мерзлоты, который приобрел подвижность в результате регионального прогрева при активизации вулканизма. Но к Венере эта идея не приложима, поскольку там нет ни воды, ни, тем более, мерзлоты.

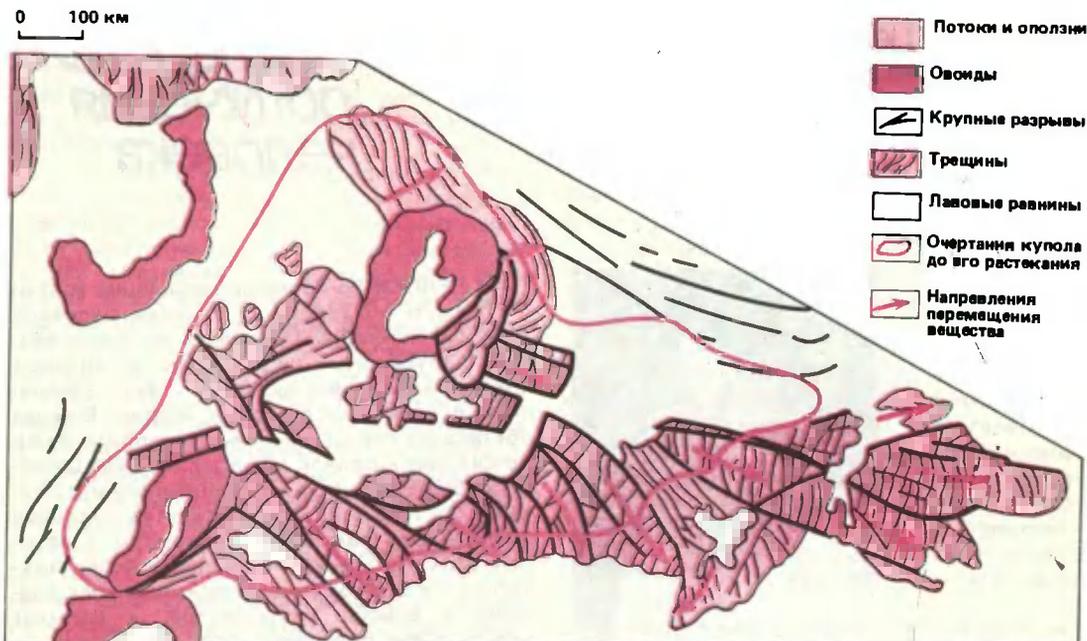
Остаются гравитационные покровы Земли, которые перемещаются на десятки километров и по размерам сопоставимы с небольшими гравитационными структурами Венеры. Но, во-первых, считается, что для их движения необходимы уклоны по край-

ней мере в несколько градусов, а во-вторых, в основании этих покровов имеются «смазочные» горизонты — эвалориты, сланцы и другие породы с высоким содержанием воды в порах. На Венере подобных пород нет.

Но в древних кристаллических толщах Земли встречаются и пологие зоны срыва, по которым перемещались пластины толщиной до 5—15 км и поперечником в десятки и сотни километров. Принято считать, что в этих зонах высокий температурный градиент (порядка  $50^\circ$  на 1 км) приводил к размягчению пород на сравнительно малых глубинах, где в условиях высоких тектонических напряжений формировались серии горизонтальных сколов. Судя по некоторым оценкам, в породах гранитного состава такие движения могли начинаться при  $500^\circ\text{C}$ , а на Венере даже на поверх-



Поток пластического вещества в восточной части тессеры Фортуны, стекающий со свода высотой 3,5 км до отметки 0—1 км (вверху снимка).



Схематическое изображение системы глетчеровидных потоков, растекающихся от куполовидной возвышенности высотой 2 км в центре тессеры Мешкет. В тылу потоков имеется субширотная зона растяжения длиной свыше 1000 км. На склонах купола выделено несколько последовательных генераций «оползней».

ности температура доходит до  $470^{\circ}\text{C}$ ! Поэтому напрашивается предположение, что гравитационные движения литосферных пластин Венеры обусловлены интенсивным прогревом, что создает в их основании зоны пластического течения и даже частичного плавления.

На этом область обоснованных предположений заканчивается, и начинается зыбкая почва допущений и вариантов — слишком мало пока известно о Венере.

Толщина ее упругой литосферы по расстояниям между тектоническими нарушениями и глубине «заплывающих» ударных кратеров в среднем оценивается в 10—20 км. Но данные геологического картирования свидетельствуют, что в одних местах литосфера утолщается, видимо, до 30—35 км, а в других не превышает нескольких километров. Не знаем мы и среднего температурного градиента даже для верхней части венерианской литосферы — ее тепловой поток разные авторы оценивают в 0,6—0,9 земного. Но этот градиент, скорее всего, неоднороден, так как некоторые области (судя по аномальному гравитационному полю) поддерживаются горячими потоками, восходящими из мантии.

Ситуация осложняется тем, что вязкость литосферы на разных глубинах обычно рассчитывают по одной породе (диабаз) или даже по одному минералу (оливин, пироксен). Но присутствие в породе хотя бы малых примесей  $\text{CO}_2$  или  $\text{H}_2\text{O}$  сильно меняет вязкость и температуру плавления, а значит, и искомую толщину упругой литосферной плиты.

Деление коры на два слоя окончательно запутывает вопрос: в подошве сиенитового материка зоны срыва или смазочные расплавы образуются легче, чем в подстилающем базальте. А в анортозитовом материке лунного типа картина совсем иная. Так что можно представить модель оболочки с двумя астеносферами: одна в подошве материкового полевошпатового слоя, «плавающего» в базальтах, а вторая — в подошве базальтового слоя, на границе с мантией.

Однако в любом из этих вариантов сохраняются те положения, о которых говорилось выше: материковое вещество Венеры перемещалось (а возможно, и сейчас перемещается) двумя способами — в виде мелких и крупных плит, что сопровождалось скупиванием и пологой субдукцией на их границах, а также путем образования крупных гравитационных оползней и потоков. Этот вывод особенно интересен в свете намечающихся аналогий строения Венеры и ранней Земли.

# В.А. Шевченко Генетические последствия облучения человека



Владимир Андреевич Шевченко, доктор биологических наук, заведующий отделом проблем генетической безопасности Института общей генетики им. Н. И. Вавилова АН СССР. Основные научные интересы связаны с экологической и радиационной генетикой. Автор более 200 научных трудов и нескольких монографий.

**Ч**ЕРНОБЫЛЬ поставил острейшие вопросы о последствиях влияния радиации на человека. Появились многочисленные зарубежные публикации, в которых предрекались неисчислимы беды населению, оказавшемуся в зоне аварии. Оценка обстановки отечественными радиобиологами до сих пор в полной мере не убедила широкую общественность в правильности и достаточности принятых мер. Средства массовой информации помещают материалы, в которых атомная энергетика нашей страны подвергается всестороннему критическому анализу, а ответы специалистов, у которых теперь выбит основной в прошлом козырь — безаварийность атомной энергетике, носят часто оправдательно-успокоительный характер. В этой ситуации явной конфронтации общественности и специалистов как никогда важен объективный анализ всей проблемы дальнейшего развития атомной энергетике, в том числе в свете недавних трагических событий в Чернобыле. Не последнее место в этой проблеме занимают вопросы генетических последствий облучения человека.

## МУТАЦИИ И НАСЛЕДСТВЕННЫЕ БОЛЕЗНИ

Ионизирующие излучения, поражая наследственный материал любого биологического объекта, вызывают соматические и генетические эффекты. Повреждение генетического материала в клетках любых тканей, кроме генеративных (половых), не передаются по наследству, а реализуются только у облученного индивидуума. Это так называемые соматические эффекты: например, хромосомные нарушения в клетках лимфоцитов, печени, различные виды рака. Такие же повреждения генетического материала генеративных тканей могут передаваться следующему поколению и вызывать те или иные наследственные отклонения — мутации. Мутации, возникающие при радиационном поражении отдельных генов, хромосом или наборов хромосом, весьма разнообразны по проявлению и в целом составляют генетические эффекты ионизирующих из-

лучений, которые могут проявляться в ряде поколений. Вероятность таких эффектов у человека и будет предметом нашего обсуждения.

Основной вопрос радиационной генетики — в какой степени определенная доза ионизирующих излучений увеличивает частоту мутаций у данного биологического объекта по сравнению с естественной. Для оценки риска облучения существует целый ряд методов и критериев, основу которых составляют сведения об источниках излучений и о зависимости различных типов генетических изменений от дозы излучения, а также знания естественной изменчивости человека и закономерностей наследственной передачи генетических изменений<sup>1</sup>.

Ионизирующее излучение — постоянный фактор эволюции жизни на Земле, поэтому при изучении его биологического действия необходимо отталкиваться от естественного уровня радиоактивности. Какую же дополнительную нагрузку получает человечество от новых антропогенных источников излучения? Если принять естественный фон радиации за 100 %, то для излучений, применяемых в медицинских целях (рентгенодиагностика, флюорография и др.) составляет дополнительно около 20 %, от испытаний ядерного оружия — около 1 %, от производства атомной энергии — менее 0,1 %. Таким образом, основная, тяжесть радиационных воздействий приходится на естественный фон, все остальные источники увеличивают его всего на 21 %. В регионах промышленной радиоактивности радиационная обстановка по сравнению с естественной изменена, и здесь оценка отдаленных последствий действия радиации на население особенно актуальна.

Глобальная доза ионизирующих излучений в районах с «нормальным» фоном составляет примерно 2,4 миллизиверта в год (1 Зв=100 бэр). Из этой дозы около 65 % приходится на внутреннее облучение. В последние годы установлено, что около 50 % облучения населения от естественных источников составляют короткоживущие продукты распада радона, который служит источником высокоэффективных  $\alpha$ -частиц.

В процессе эволюции сформировалась определенная генетическая изменчивость, контролируемая окружающей средой и гено-типом данного вида, т. е. каждый вид имеет адаптивный уровень естественной изменчи-

вости, который, однако, может существенно меняться в зависимости от условий среды. Из этого следует, что антропогенное загрязнение биосферы может (и должно!) изменить исторически сложившуюся естественную изменчивость многих видов природных экосистем.

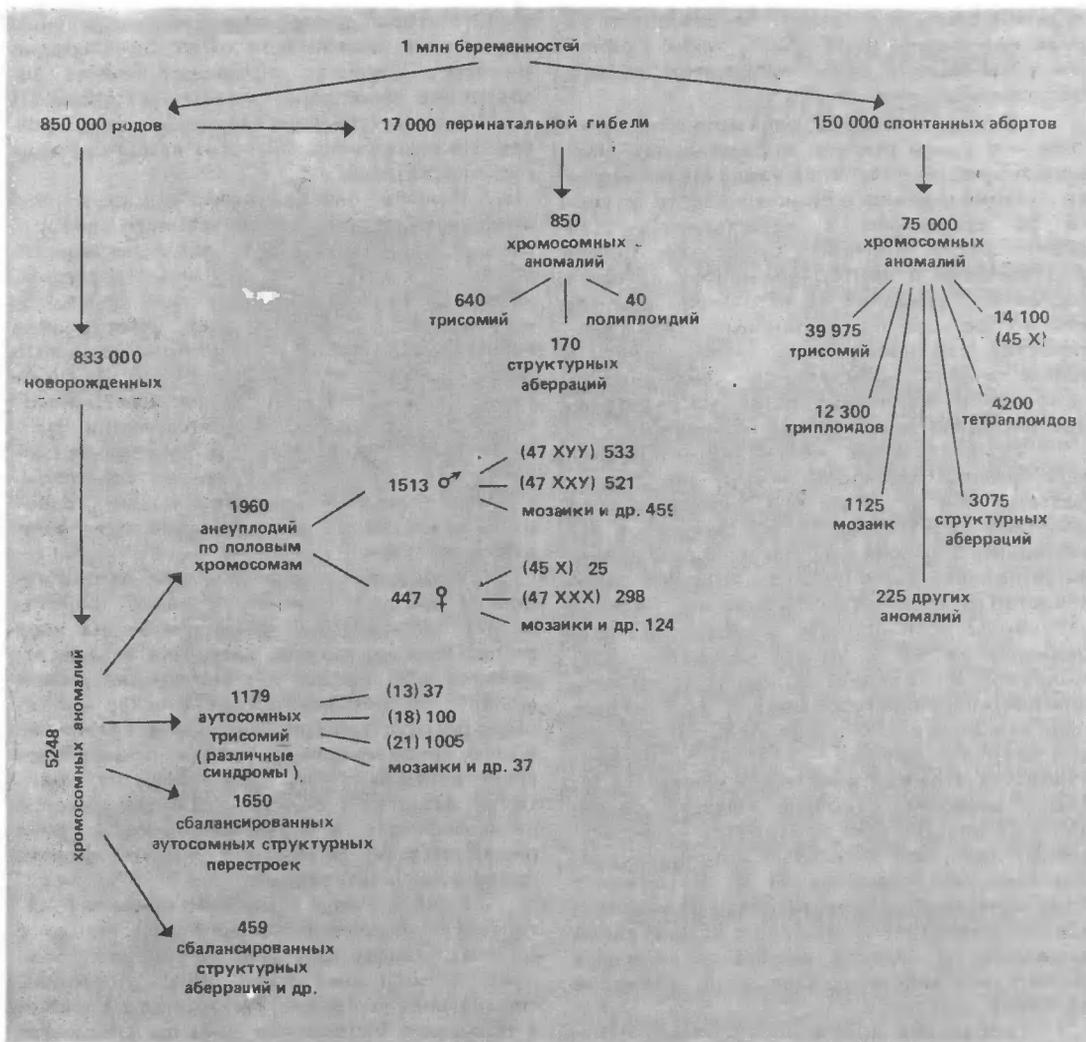
Человек как вид давно вышел из-под жесткого контроля естественного отбора, поэтому в формировании его естественной мутагенности преобладают иные факторы, чем для природных популяций растений и животных. Существующая естественная изменчивость сложилась исторически при формировании человека как биологического вида и воздействии на этот процесс многочисленных факторов, сопровождающих развитие цивилизации. К таким факторам относятся прежде всего постоянное совершенствование медицины, позволяющей сохранять жизнь части наследственно отягощенных индивидов.

Анализ генетической изменчивости человека следует начинать с гамет. Генетическая информация, реализуемая на всех этапах его онтогенеза, заложена в гаметах, поэтому именно для них характерна максимальная потенциальная генетическая изменчивость. По мере формирования организма и его нормального развития проявляется «генетический груз», полученный от родителей. Однако в полной мере это никогда не происходит, и значительная часть груза передается по эстафете в скрытой форме следующему поколению.

В связи с этим заманчиво оценить генетическую изменчивость непосредственно в гаметах. Однако такой анализ стал возможен лишь в последние годы, когда появилась специальная методика. При оплодотворении в пробирке яйцеклеток хомячка сперматозоидами человека удалось проанализировать структурные нарушения хромосом в гаплоидном (23 хромосомы) наборе мужчин. Хромосомные повреждения определяли непосредственно в гаметах, а не после множества клеточных делений. Этим методом выявлена высокая степень различий между индивидами — частота хромосомных аномалий колеблется от 0 до 28 % (в среднем около 9 %).

Хромосомные аномалии, как правило, приводят к гибели зародыша на самых ранних этапах его развития. Известно, что более 40 % спонтанных выкидышей (5—28 недель беременности) и 5,7 % мертворождений связаны с хромосомными аномалиями. Гибель эмбрионов с хромосомными аномалиями на ранних этапах эмбриогенеза служит барьером против грубых хромосомных нарушений,

<sup>1</sup> Шевченко В. А., Померанцева М. Д. Генетические последствия действия ионизирующих излучений. М., 1985.



Относительная частота встречаемости хромосомных аномалий, спонтанных абортов и перинатальной смерти.

наносающих тяжелые повреждения нормальному эмбриогенезу, приводящих в дальнейшем к ряду серьезных наследственных патологий. Частота хромосомных аномалий у новорожденных уже значительно ниже — около 2 %, причем примерно половину из них составляют инверсии — хромосомные перестройки, не приводящие чаще всего к серьезным отрицательным генетическим последствиям.

Другая составная часть генетической изменчивости человека — генные, точковые мутации (доминантные и рецессивные),

которые вызывают значительную часть наследственных патологий. Доминантные болезни выявляются у всех потомков (те в свою очередь передают этот признак детям), рецессивные же — только у части потомков, когда ген, несущий аномалию, встречается с таким же аномальным геном от другого родителя.

Многие наследственные болезни связаны с изменчивостью нескольких генов. Например, подагра, эпилепсия, глаукома, астма, сахарный диабет, шизофренический психоз имеют сложный характер наследования, поэтому степень заболевания зависит от сочетания различных мутантных генов, общего генетического фона и воздействия факторов среды.

Согласно обширным эпидемиологическим обследованиям, проведенным в Британской Колумбии (Канада), естественная генетическая изменчивость человека до последнего времени оценивалась в 10,6 %, т. е. 106 тыс. наследственных заболеваний на 1 млн новорожденных. (В этом случае учитывались болезни, проявившиеся в возрасте до 21 года.) Из них 1 % приходится на доминантные болезни, 0,25 % — на рецессивные, 0,4 % — на хромосомные, 4,3 % — врожденные аномалии и 4,7 % — нерегулярно наследуемые многофакторные болезни. Само собой разумеется, что у разных народов величина спонтанной генетической изменчивости может быть различной.

При эпидемиологическом обследовании населения Венгрии, где анализировались наследственные болезни, проявившиеся в возрасте до 70 лет, спонтанный мутагенез популяции составил 67 %. Значительное расхождение в оценке наследственной отягощенности в Британской Колумбии и в Венгрии связано с тем, что большинство нерегулярно наследуемых многофакторных болезней (например, сахарный диабет, подагра, шизофрения, рассеянный склероз, глаукома, гипертония, язва желудка, астма и др. — всего 25 болезней) проявляется в среднем или пожилом возрасте и составляет 60 % (на врожденные аномалии приходится 6 %). Мутационная компонента для этих многофакторных болезней может составлять 5—50 %<sup>2</sup>.

Благодаря исследованию, проведенному в Венгрии, удалось оценить суммарную генетическую отягощенность человека, реализуемую в течение всей его жизни. Оказалось, что на возраст 21—70 лет приходится около 85 %.

Таким образом, спонтанная частота наследственных болезней в популяциях человека оценивается в настоящее время в 67,6 %. В будущем эта величина может возрасти за счет доминантных болезней, проявляющихся в ранний период, и наследственных опухолей, частота которых еще не рассчитана.

В целом, рассмотренные величины отягощенности человека относятся к генетическим нарушениям, снижающим жизнеспособность организма или отрицательно влияющим на трудоспособность человека. Более чем в 50 % случаев наследственные заболевания приводят к преждевременной смерти, чаще всего в детском возрасте. Самый тяжелый прогноз для заболеваний иммунной

системы — они сокращают продолжительность жизни, причем 64 % из них обуславливают смерть в возрасте до 20 лет. Далее, в порядке относительного влияния на продолжительность жизни следуют заболевания дыхательной системы, крови и кроветворных тканей и нервной системы.

Наследственные заболевания в 69 % связаны с пониженной репродуктивной способностью, т. е. непосредственно влияют на судьбу поколений, причем наибольшее влияние наблюдается при поражениях иммунной, эндокринной, мочеполовой и нервной систем. Около 75 % наследственных заболеваний, не приводящих к гибели, влияют на обучаемость в школе и способность к работе. Наследственные заболевания почти не лечатся: лечением можно продлить жизнь 15 % носителей аномалий, повысить репродуктивную способность у 11 %, а социальную адаптацию — у 6 %<sup>3</sup>.

Из этого следует, что уровень естественной генетической изменчивости в популяциях человека достаточно высок. Значительная часть этой изменчивости реализуется на самых ранних этапах эмбриогенеза, приводя к прекращению развития зародыша. Генетические изменения, проявляющиеся в течение жизни человека, дают широкий спектр (около 4 тыс.) наследственных болезненных состояний. Каждый второй человек имеет те или иные наследственные дефекты, отрицательно сказывающиеся на жизнедеятельности и трудоспособности. Очевидно, что доля наследственных изменений, не влияющих на жизнеспособность, тоже велика, однако мы не рассматриваем эту «нейтральную» составляющую мутационного процесса у человека.

## КАК ОЦЕНИТЬ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ РИСК ОБЛУЧЕНИЯ

При оценке генетических последствий действия ионизирующих излучений на человека принято несколько основополагающих допущений. Во-первых, частота мутаций линейно зависит от дозы ионизирующих излучений. Для средних и больших доз такая зависимость следует из экспериментальных данных. Однако для малых доз, в отношении которых экспериментальных данных для млекопитающих и человека почти нет, это принято как утверждение, которого эксперты будут придерживаться до тех пор, пока не будет доказано нечто иное. Во-вторых,

<sup>2</sup> The Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Radiation. BEIR Report. Washington, 1980.

<sup>3</sup> Доклад Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН). 1982. № E.82. IX.8. Нью-Йорк.

считается, что спектры естественных (спонтанных) и индуцированных излучениями мутаций сходны (об этом свидетельствуют эксперименты на дрозофиле). Такое сходство спектров позволяет сравнивать естественный мутагенез у человека и ожидаемые мутационные эффекты от ионизирующих излучений. И, наконец, третье важное допущение говорит о сходстве спектров мутаций у животных и человека. Это значит, что различные биологические (пол, стадия зародышевой клетки, возраст и др.) и физические (тип ионизирующего излучения, мощность дозы и др.) факторы одинаково влияют на величину повреждения у экспериментальных видов и у человека.

Сделанные допущения дают возможность экстраполировать данные с экспериментальных животных на человека. Это очень важно, поскольку фактического материала о генетических последствиях облучения человека слишком мало, чтобы обоснованно прогнозировать радиационные эффекты в его популяциях.

Методология оценки генетических последствий облучения человека базируется на ряде критериев и методов, необходимых и достаточных для реализации такого прогноза. В принципе, эти подходы должны быть достаточно универсальны, чтобы можно было распространить их и на природные экосистемы. Важно также, чтобы эта методология позволяла учитывать вероятную роль генетических изменений как на молекулярном, так и на популяционном уровнях. Такая система общей оценки последствий облучения включает в себя прямые и косвенные методы, экстраполяционные, интегральные, популяционные и эволюционные критерии.

Основной путь исследований в радиационной генетике — регистрация отдельных типов генетических изменений в зависимости от дозы того или иного вида излучений. Точковые мутации, аберрации хромосом — наиболее распространенные из них. Анализ кривых доза — эффект лежит в основе прямых методов оценки генетических последствий воздействия мутагенов (в том числе и химических). Используя частоту мутаций в расчете на единицу дозы мутагена, в принципе можно перейти к другим методам оценки, а также рассчитать возможные генетические последствия для популяций данного объекта при воздействии того или иного мутагенного фактора.

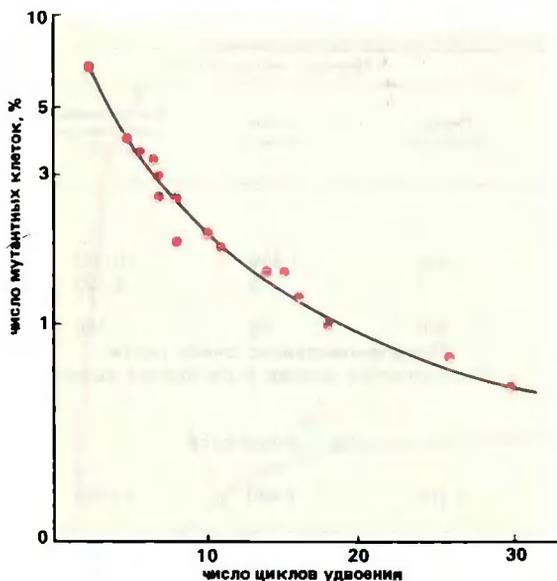
Приведем несколько примеров частот генных мутаций при действии ионизирующих излучений. У ячменя при дозе 0,01 Зв на локус она составляет  $10^{-9}$ — $10^{-8}$ , у кукуру-

зы —  $2 \cdot 10^{-8}$ , у арабидопсиса —  $10^{-9}$ , у нейроспоры —  $10^{-10}$ — $10^{-8}$ , у мыши —  $5 \times 10^{-8}$ — $5 \cdot 10^{-7}$ . Эти данные говорят о том, что наблюдается четкое соответствие принципам попадания и мишени, разработанным Н. В. Тимофеевым-Ресовским, Д. Е. Ли и др., т. е. частоты мутационных событий зависят от величины ядерной мишени для ионизирующих излучений. Чем больше мишень (ген — группа генов — хромосома — геном), тем выше частота наблюдаемых генетических событий. Например, частота разрывов хромосом (мишень — весь геном) в  $10^4$ — $10^5$  раз превышает частоты мутаций в отдельных локусах.

Исходя из этих данных, ясно, почему при анализе частоты генных мутаций в Хиросиме и Нагасаки не обнаружены достоверные генетические эффекты. Впечатляют масштабы этих исследований. Электрофоретический анализ 30 белков у 13 052 детей от родителей, находившихся вблизи от источника излучения, и 10 609 детей от контрольных родителей выявил по 3 редких варианта белков (мутаций) в каждой группе. Общее число исследованных локусов составило 725 587 в облученной группе и 539 170 — в контрольной. Частоты мутаций можно оценить как  $0,4 \cdot 10^{-5}$  на локус в облученной группе и  $0,6 \cdot 10^{-5}$  — в контрольной. Ожидаемая частота точковых мутаций у человека равна  $0,5 \cdot 10^{-7}$ — $2,6 \cdot 10^{-7}$  на локус на 0,01 Зв, поэтому анализы в Хиросиме и Нагасаки, несмотря на огромный объем работ, не позволяют статистически выявить какие-либо радиационные эффекты при оценке частоты мутаций в отдельных генах.

Постулируемое сходство спектров спонтанных и индуцированных мутаций дает возможность рассматривать радиацию как фактор, создающий некую добавку к естественному мутагенезу. На этом основан косвенный метод оценки мутагенной эффективности ионизирующих излучений — метод удваивающей дозы. Этот метод состоит в определении дозы, вызывающей такой же эффект, какой наблюдается за одно поколение при спонтанном мутагенезе. Соответственно, чем выше уровень мутагенеза в контроле, тем выше удваивающая доза. Удваивающая доза для человека при разовом воздействии радиации высокой мощности равна 0,3—0,4 Зв для  $\beta$ - и  $\alpha$ -излучений и 1 Зв — при хроническом воздействии.

Специалистов привлекает возможность экстраполяции генетических эффектов с объектов, для которых получен большой массив экспериментальных данных, на человека. Без экстраполяционных методик оценка генетической опасности облучения человека



Динамика вытеснения мутантных клеток из непрерывно размножающейся популяции зеленой водоросли *Chlamydomonas* после острого облучения 100 Зв.

пока просто невозможна. Так, эксперты Научного комитета по действию атомной радиации (НКДАР) ООН в настоящее время рассчитывают ожидаемую частоту радиационных мутаций у человека, имеющих доминантный характер, по частоте мутаций, вызывающих аномалии скелета и катаракту у мышей. Экстраполяционные критерии широко используются и при оценке генетических последствий радиации на природные популяции и сообщества.

Сегодня интенсивно разрабатываются интегральные критерии. Все предыдущие методы, характеризующие генетический риск облучения, относились к отдельным типам генетических изменений — гонимым мутациям, нарушениям структуры хромосом и генома в целом. На практике же часто необходимо оценить весь комплекс генетического поражения популяции с учетом всех типов мутаций, важных для жизнеспособности популяции. Для генетического мониторинга различных типов генетического поражения человека эксперты НКДАР ООН предложили интегральный критерий генетического ущерба, оцениваемый по сокращению продолжительности жизни или по времени неполноценной жизни (болезни) для носителей тех или иных наследственных аномалий по сравнению с контрольной группой. По существу генетический ущерб равен произведению частот всех типов

наследственных пострадиационных изменений на их относительную «вредность», т. е. снижение жизнеспособности, трудоспособности и др.

Поскольку действие мутагенов на природные популяции не ограничивается одним поколением, необходимы популяционные критерии оценки генетических последствий загрязнения.

Здесь уместно упомянуть об основных популяционных закономерностях динамики мутагенеза в ряду поколений. В опытах с популяциями дрозофилы, мышей и микроорганизмов показано, что мутационный груз, возникший после однократного воздействия радиации, сохраняется в непрерывно размножающейся популяции длительное время, уменьшаясь во времени экспоненциально или по степенному закону до уровня естественного мутагенеза, иногда в десятках поколений. При хроническом облучении популяций мутации накапливаются и через несколько поколений достигают нового, более высокого уровня. Этот уровень, называемый равновесным, при постоянной мощности дозы облучения поддерживается достаточно долго за счет равновесия между мутационным процессом, с одной стороны, и естественным отбором, с другой. Равновесный уровень в популяции того или иного вида составляет один из основных критериев оценки генетических последствий радиации.

Уровень естественного мутагенеза у человека (10,6 % в возрасте до 21 года и 67,6 % в возрасте до 70 лет) и есть равновесный уровень мутирования, сложившийся за последние поколения. Естественные мутации в последнем поколении составляют лишь небольшую часть этой величины.

При оценке генетического риска облучения человека также используется показатель равновесного уровня мутирования при длительном (несколько поколений) воздействии излучений. Так, ожидаемая частота наследственных аномалий в первом поколении составляет в среднем 17 на 1 млн новорожденных от родителей, получивших при хроническом облучении 0,01 Зв, во втором поколении ожидаемая частота составит 14, в последующих поколениях (при хроническом облучении) генетические аномалии должны нарастать и через несколько поколений достигнут равновесного уровня (по расчетам для 0,01 Зв 120 случаев на 1 млн новорожденных).

Исходя из линейной зависимости генетического эффекта от дозы, можно заключить, что при дозе 1 Зв приведенные выше значения выростут до 1700 и 12 тыс. случаев на 1 млн новорожденных.

## Оценка риска генетических болезней\*

Классификация болезней	Естественная распространенность болезней на 1 млн новорожденных	Эффект 1 Зв/поколение		
		Первое поколение	Второе поколение	Все поколения (равновесный уровень)
Аутосомные доминантные и сцепленные с X-хромосомой	10 000	1 500	1 300	10 000
Аутосомные рецессивные	2 500	5	5	1 500
Хромосомные:				
структурные аномалии	400	240	96	400
численные аномалии	3 400	Предположительно очень низкая		
Врожденные аномалии	60 000	Не поддаются оценке в настоящее время		
Другие многофакторные болезни	600 000			
Доминантные, проявляющиеся в ранний период	} Неизвестно	Не оцениваются		
Наследственные опухоли				
Общая оценка риска	676 300	1 700	1 400	12 000

\* Расчет сделан по методу удваивающей дозы (1 Зв/поколение).

По данным НКДАР, в существующей оценке генетического риска пока еще не учтены возможные частоты индуцированных и врожденных аномалий и многофакторных болезней (см. табл.)<sup>1</sup>. А ведь они составляют большую часть наследственной отягощенности — 660 тыс. случаев на 1 млн, т. е. 97,6 % всей наследственной изменчивости. При оценке генетического риска не учитывают также тяжелые аномалии, приводящие к бесплодию, спонтанным абортam, а также генетические изменения, не влияющие на жизнеспособность и трудоспособность человека — так называемые «малые мутации».

Доведем расчет ожидаемого генетического риска до логического конца. Приняв величину спонтанного мутагенеза за 67,6 %, можно предположить, что при непрерывном облучении (доза 1 Зв/поколение) через несколько поколений равновесный индуцированный мутагенез тоже составит 67,6 %. В этих условиях при мутационной компоненте в 5 % количество врожденных аномалий и многофакторных болезней будет равно 33 тыс. случаев на 1 млн (естественная распространенность — 660 тыс.). Облучение в дозе 1 Зв (0,01 Зв) увеличит количество таких болезней в первом поколении на 3300 (33) случаев (из расчета 0,1 равновесного уровня). Генетический риск для популяции человека в первом поколении при таком расчете составит 50 случаев (17+33) при дозе 0,01 Зв/поколение и 450 (120+330) при

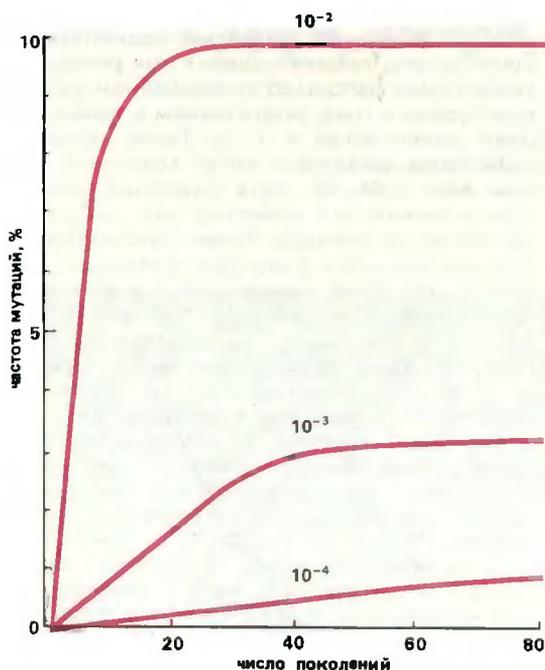
равновесном уровне. Если принять, что мутационная компонента составляет 50 %, то ожидаемый генетический риск резко возрастет: при дозе 0,01 Зв он составит 347 случаев (17+330) и 3420 (120+3300) при равновесии.

Однако эксперты НКДАР пока воздерживаются от такого расчета по целому ряду соображений. Во-первых, неясно, можно ли экстраполировать данные генетических изменений, полученных на мышах, на сложные многофакторные болезни человека, тем более что возможность индукции этих болезней излучениями еще не доказана. Во-вторых, сама величина мутационной компоненты для этих болезней (5 % или 50 %) пока не установлена.

Таким образом, оценка генетического риска облучения зависит от успехов исследований радиационной генетики и генетики человека. Во всяком случае, учитывая множество генетических факторов, которые пока не принимаются в расчет, но которые существенно влияют на наследственность человека, трудно предположить, что ожидаемый генетический риск облучения человека будет меньше рассчитанного, и в то же время маловероятно, что он может стать на порядок выше.

Зная генетический риск облучения, выражаемый числом наследственных аномалий, можно рассчитать и генетический ущерб. Согласно оценкам НКДАР (1982 г.), при облучении дозой 1 Зв на 1 млн новорожденных в результате генетических анома-

<sup>1</sup> Доклад НКДАР ООН. 1986. № E.86. IX.9. Нью-Йорк.



Расчетные кривые накопления мутаций в поколениях при различных темпах мутирования ( $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  и  $10^{-4}$ ). Чем выше темп мутирования, тем выше равновесный уровень и тем быстрее он достигается. Значит, при малых дозах радиации уровень мутаций станет равновесным только через много поколений после хронического облучения.

лей продолжительность жизни этого поколения, принятая равной 70 млн лет (при средней продолжительности жизни 70 лет), сократится на 50 тыс. лет и столько же придется на неполноценную жизнь. Для равновесного уровня (т. е. через 7—10 поколений) генетический ущерб составит 286 тыс. лет и 340 тыс. лет соответственно. Однако в этих расчетах не учитывались данные, полученные в Венгрии. Если принять во внимание результаты венгерских исследователей, то оценки ожидаемого ущерба существенно увеличатся.

Расчетные значения генетического риска и ожидаемого ущерба облучения человека, как отмечалось, получены на базе ряда допущений и экстраполяций, без которых они невозможны. Целая система методов и критериев позволяет подойти к этой проблеме с разных сторон, что повышает надежность оценок. С другой стороны, введение при экстраполяции данных с животных на человека поправочных коэффициентов с определенными допусками снижает точность прогноза.

## ИТОГИ И ВОПРОСЫ ЧЕРНОБЫЛЯ

Теперь обратимся к исследованиям, проведенным в Чернобыле. Начиная с июня 1986 г. сотрудники Института общей генетики АН СССР обследовали более 1 тыс. человек, принимавших участие в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. Методом биологической дозиметрии, основанном на анализе частоты аберраций хромосом в лимфоцитах периферической крови, определяли поглощенную дозу. Среди обследованных наиболее критической была группа жителей г. Припяти (102 человека), попавшая в зону действия ионизирующих излучений при аварии на ЧАЭС. В выборку попали лица, длительное время находившиеся после аварии на открытом воздухе и активно передававшие по городу, — врачи, милиционеры, работники городского хозяйства и т. п. У них поглощенная доза D составила в среднем  $0,13 \pm 0,03$  Зв (для 35 врачей, участвовавших в эвакуации населения,  $D = 0,11 \pm 0,02$  Зв). При этом между биологически определяемой дозой и показаниями физических дозиметров наблюдалась четкая корреляция.

Исходя из предположения, что в среднем жители Припяти получили по 0,1 Зв, ожидаемые генетические эффекты в следующем поколении составят не более 5—35 случаев наследственных аномалий на каждые 10 тыс. новорожденных от облученных родителей при допущении, что мутационная компонента для врожденных аномалий и многофакторных болезней составляет 5—50 % при спонтанном мутагенезе (6760 тыс. на 10 тыс.).

Однако такой прогноз весьма приблизителен, поскольку не учитывает ряд важных моментов, которые могут увеличить опасность облучения. Так, пока не учитывается роль рецессивных мутаций в возможном генетическом поражении популяции человека. В последние годы была сделана предварительная оценка рецессивных мутаций. Однако результаты, полученные на чистых линиях животных со строго определенной генетической структурой, трудно переносить на популяцию человека, отличающуюся большим генетическим разнообразием. Неясна роль и «малых» мутаций, которые сами по себе незначительно влияют на жизнеспособность, но, взаимодействуя со спонтанными, а также с другими индуцированными мутациями, могут заметно сказаться на здоровье.

К этой проблеме вплотную примыкает другая, не менее важная — наследуемые раковые заболевания (у потомков облученных экспериментальных животных частота

раковых заболеваний выше, чем у контрольных).

Еще один плохо исследованный вопрос — взаимодействие мутагенных факторов разной природы при их одновременном воздействии на организм человека. Возможны три варианта: сложение эффектов (аддитивность), усиление результирующего эффекта (синергизм), взаимное ослабление (антагонизм). Ясно, что наиболее опасен синергизм. Пока синергизм установлен в отношении воздействия на человека табачного дыма и ионизирующих излучений. Не исключено, что он имеет место и при взаимодействии ионизирующих излучений и некоторых широко распространенных химических факторов — например, нитратов, пестицидов, лекарств.

Мало исследована и радиационная чувствительность ранних эмбриональных этапов развития человеческого организма. Данные для животных заставляют предположить, что на ранних этапах развития чувствительность эмбриона чрезвычайно высока.

Еще в 1977 г. в докладе НКДАР были рассмотрены эффекты, связанные с внутриутробным облучением экспериментальных животных<sup>5</sup>. В отношении индукции различных тератогенных эффектов (уродств) существуют критические периоды максимальной чувствительности. Эти периоды непосредственно связаны с важнейшими стадиями органогенеза у млекопитающих. На экспериментальных животных показано, что радиочувствительность эмбрионов на этих стадиях в 4—5 раз выше, чем радиочувствительность новорожденных. Гибель клеток на

различных стадиях органогенеза сопровождается задержкой развития соответствующего органа, проявляющейся при рождении уродствами, например уменьшением размеров черепа и глаз, укорочением и деформацией конечностей и т. д. Такие эффекты эмбрионов животных могут возникать уже при дозе 0,05 Зв. Хотя подобных данных для человека нет, известно, что эмбрионы человека на порядок более чувствительны к излучениям, чем взрослые организмы. Это значит, что даже малые дозы, не вызывающие заметных эффектов у взрослых, могут оказать значительное воздействие на эмбрионы. Следует подчеркнуть, что эти эффекты — типично соматические, не наследуемые, хотя по внешнему виду (фенотипу) они порой не отличаются от генетических аномалий. Ожидаемые частоты тератогенных аномалий на несколько порядков выше, чем частоты наследственных аномалий, при одинаковых дозах.

Особого внимания заслуживает также изучение хронического воздействия радиации — особенности влияния малых доз излучений. Из экспериментов следует, что при малых дозах радиации низкой мощности частота индуцированных мутаций на единицу дозы выше, чем для излучений высокой мощности. Другими словами, линейная экстраполяция к малым дозам при оценке ожидаемых генетических эффектов может оказаться несостоятельной.

Все эти аспекты радиационной генетики, конечно, имеют огромное значение для оценки последствий аварии на ЧАЭС. Основной вывод: существующие оценки генетического риска облучения человека — лишь надводная часть айсберга. «Под водой» скрыта значительная составляющая наследственной изменчивости, познать которую еще предстоит.

<sup>5</sup> Доклад НКДАР ООН. 1977. № E.77. IX.1. Нью-Йорк.

В ближайших номерах нашего журнала будут опубликованы:

Немцов А. В. ПОТРЕБЛЕНИЕ АЛКОГОЛЯ КАК ГЛОБАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА  
Рыбин И. А. ПСИХОФИЗИКА: ПОИСК НОВЫХ ПОДХОДОВ

Хокинг С. СТРЕЛА ВРЕМЕНИ (отрывок из книги)

Кульчински Дж., Шмитт Х. ТЕРМОЯДЕРНОЕ ТОПЛИВО... С ЛУНЫ

Миркин Б. М. АНТРОПОГЕННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Корогодин В. И. СЕМЬ КОНЦЕПЦИЙ МУТАГЕНЕЗА  
РАССКАЗ О НОБЕЛЕВСКИХ ЛАУРЕАТАХ 1989 г.

Напоминаем, что подписаться на «Природу» можно в любом отделении связи.  
Индекс 70707. Цена номера 80 к., цена годовой подписки 9 р. 60 к.

# Струи, вихри, турбулентность

© В. А. Гудков,

кандидат физико-математических наук  
Сектор механики неоднородных сред АН СССР  
Москва



Наблюдая за течением воды в прямой трубке, непосвященный вряд ли подозревает, какие сложные и интересные физические процессы протекают перед ним. Чтобы сделать видимыми скрытые в обычных условиях картины течений, в поток вводятся флуоресцентные примеси, ярко светящиеся при облучении лазерным пучком.

Эта методика визуализации выгодно отличается тем, что практически не вносит возмущений в поток, но одновременно создает яркие и контрастные картины, позволяя изучать быстротекающие нестационарные процессы, механизмы потери устойчивости, переход от ламинарного к турбулентному режиму, структуру турбулентных потоков.

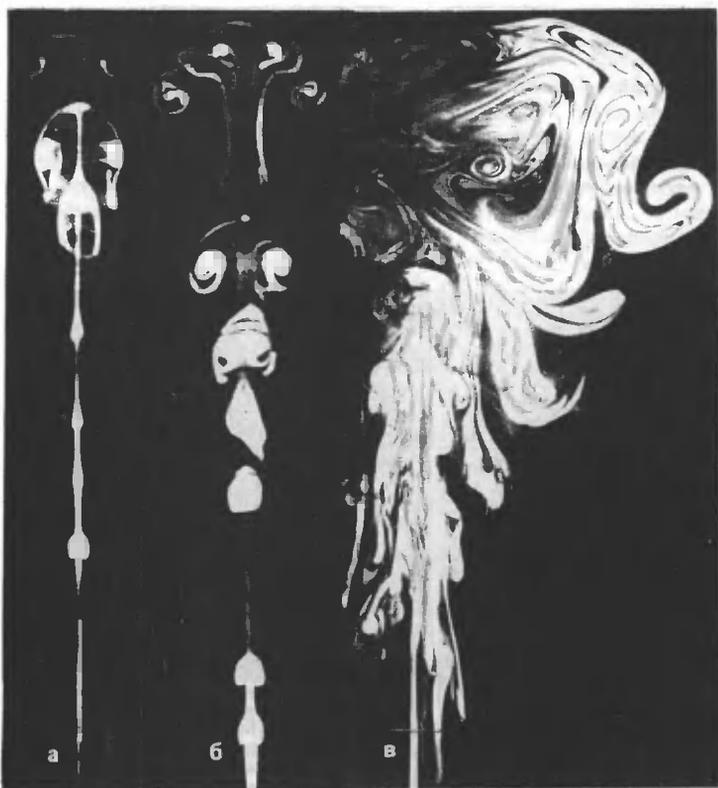
При малых скоростях потока сложной жидкости скользят друг по другу не перемешиваясь, в ламинарном режиме [а]. С увеличением скорости ламинарное течение начинает терять устойчивость, в линии тока, раскачиваясь, превращаются в синусоиды [б]. При дальнейшем увеличении скорости синусоиды превращаются в запутанные вихревые клубки [в]. И наконец, при больших скоростях возникает турбулентный режим [г]. В этом случае течение приобретает исключительную сложность, в нем идет неупорядоченное перемешивание. Не последнюю роль в возникновении турбулентности играют вихри, во множестве рождающиеся в различных областях потока, в первую очередь — вблизи стенок трубки.

**К**ОГДА РЕЧЬ заходит о течении жидкости или газа, в памяти могут всплыть два несхожих образа — ровные, спокойные струи, которые, кажется, служат образцом упорядоченного движения, и сложные неустойчивые завихрения, в которых, наоборот, невозможно найти никакого порядка. И действительно, физики делят все течения на два вида — ламинарные, когда среда движется непрерывно перемешивающимися параллельными слоями, и турбулентные, при которых слои интенсивно перемешиваются. При ламинарном течении соседние слои взаимодействуют посредством сил вязкого трения, возникающих за счет молекулярного механизма передачи импульса от слоя к слою. Поэтому такие течения поддаются строгому расчету. При турбулентном течении из одного слоя в другой

переходят целые группы молекул. О закономерностях каждого такого перехода ничего определенного сказать нельзя, так что для описания турбулентности приходится пользоваться статистическими методами.

Однако такая классификация течений совершенно не обязательно совпадает с делением на струи и вихри: те, и другие могут иметь как ламинарную, так и турбулентную структуру.

Струйные течения жидкостей и газов не только часто встречаются в природе, но и имеют настолько широкую область применения в технике, что ее невозможно детально охватить. Струи используются в реактивных двигателях космических кораблей и самолетов, в камерах сгорания автомобилей, в гидро- и аэродинамических системах, при абразивной обработке материалов. Наконец, вспомним



На этих снимках видны картины течения струй в жидкости. На дне бака установлена трубка, из которой под давлением выпускается короткая струя воды. Для визуализации в струю предварительно введено небольшое количество флуоресцентной примеси, излучающей яркое желтое свечение под действием синего лазера. Каждый выброс движется в воде, образуя на некотором расстоянии от конца трубки вихри, которые, закручиваясь, поднимаются вверх [а, б]. При этом струя постепенно расширяется, а ее скорость уменьшается. Над точкой выхода струи через некоторое время возникают вихревые структуры причудливой формы [в].

их неожиданное применение в качестве режущего инструмента. Тонкая струя жидкости, которая выбрасывается под высоким давлением, способна резать горные породы, пластмассы, дерево, бетон. При такой резке улучшаются условия труда, поскольку образуется меньше пыли и ослабляется вибрация.

Как показывает повседневный опыт, в реальной среде струя не может двигаться сколько угодно долго — рано или поздно ее энергия рассеивается и она останавливается. Детальную картину распада струи позволяет восстановить эксперимент<sup>1</sup>. На некотором расстоянии от источника направленной вверх струи рождается пара вихрей, которые, закручиваясь, медленно поднимаются дальше, причем по мере всплывания вся область интенсивного течения постепенно расширяется, а ее скорость уменьшается из-за вязкого трения. Над источником нависают структуры причудливой формы, образовавшиеся в результате длительного истечения струи; в них продолжают медленно вихревые движения.

Распад струи идет еще быстрее, если она становится турбулентной. В этом случае в



При большой скорости истечения струи она переходит в турбулентный режим движения. Начинается интенсивное беспорядочное перемешивание струи с окружающей жидкостью, и струя быстро распадается.

верхней части струи начинается ее беспорядочное перемешивание с окружающей жидкостью. Турбулентная струя испытывает значительное гидродинамическое сопротивление и способна продвигаться в глубинную жидкость на гораздо меньшие расстояния, чем при том же напоре ламинарная.

Ламинарная форма струи устойчива при сравнительно низкой скорости течения, а при ее увеличении свыше некоторого критического значения струя становится турбулентной. На практике часто бывает нужно заткнуть переход струи в турбулентную форму, сохраняя ламинарный режим при возможно больших скоростях течения. Этого можно добиться, например, растворив предварительно в

<sup>1</sup> Гудков В. А. Экспериментальное исследование нестационарного пограничного слоя // Механика неоднородных и турбулентных потоков. М., 1989. С. 225—232.



Небольшие механические колебания источника струи или среды, в которой она распространяется, приводят к ее раскачиванию. В результате струя приобретает сложную пространственную структуру [структура, изображенная на фото, получила название «хребет селедки»]. Модулированная струя легко теряет устойчивость и превращается в турбулентную.

жидкости некоторое количество полимера, молекулы которого препятствуют возникновению вихрей и турбулизации (обычно для такой цели применяют полиэтиленоксид). Эту идею используют пожарники. Струя воды с небольшой добавкой линейного полимера способна при тушении пожаров достигать значительно более удаленных объектов.

Интересно, что небольшие механические колебания источника или среды, в которой распространяется струя, приводят к ее раскачиванию и способствуют переходу в турбулентное состояние. В частности, струя может приобрести сложную



пространственную структуру. Такая модулированная струя при незначительном увеличении скорости легко переходит в турбулентный режим. Это можно использовать для интенсификации процессов тепло- и массообмена в различных технологических аппаратах.

Знать режимы течения весьма важно для практических приложений. Так, при подаче каких-либо материалов по трубам желательнее организовать ламинарное течение — в этом случае затраты энергии меньше, поскольку слои скользят в направлении движения. Если же в трубе возникнет турбулентное течение, немалая часть энергии будет рассеиваться из-за перемешивания, и тогда придется ставить более мощные компрессоры.

С другой стороны, турбулентная форма движения может оказаться полезной во многих химических реакторах, где для интенсификации теплообмена необходимо хорошее перемешивание. Роль переме-

моделирование смерча в лабораторных условиях. Вихревое движение («смерч») устанавливается при продувании воздуха между двумя длинными плоскими пластинами. Как и в природном смерче, сверху нависает воронкообразный «хоботок». Он постепенно опускается и засасывает в себя воздух с нижней пластины, возлекая его во вращательное движение.

шивающего фактора можно отдалить турбулентности.

Как уже отмечалось, немалую роль в переходе к турбулентности играют вихри. Эта форма течений достаточно часто встречается в природе. Вспомним лишь один широко известный, хотя и несколько экзотический пример — смерчи. Механизм зарождения смерча до конца не ясен. Известно лишь, что в нем сочетается вертикальное перемещение воздушных масс и вращательное вихревое движение. Скорость потоков в смерче иногда превышает 380 км/ч, давление же в центре вихря очень низкое.

При обтекании препятствий потоком жидкости или газа рождаются вихри. Увидеть типичный воздушный вихрь с характерной спиральной структурой помогла тонкая струйка дыма, выпущенная с наветренной стороны.

Из-за большого перепада давления между центром и периферией смерчи и могут произойти катастрофические разрушения.

Впрочем, воздушные вихри можно наблюдать и в более спокойных обстоятельствах. Каждый не раз наверняка слышал, как при порывах ветра пронзительно гудят провода. Причина звука весьма проста: с обдуваемого провода срываются вихри, следующие один за другим через примерно равные промежутки времени. Последовательность движущихся вихрей создает периодические колебания воздуха — иначе говоря, звук. Чем больше скорость потока, тем выше частота отрыва вихрей, поэтому при порывах ветра звук становится более резким. Кстати сказать, по частоте звука можно довольно точно измерить скорость ветра.

Не только провода являются источниками вихрей, они образуются также при обтекании потоком различных препятствий и неоднородностей. При поездке на катере можно наблюдать далеко простирающийся за ним след из крутящихся воронок. По мере удаления от катера след расширяется и движение жидкости в нем постепенно затухает. Аналогичный след тянется и за движущимся автомобилем, который поднимает в воздух пыль. Оказывается, вихри за движущимся телом в значительной степени определяют гидродинамическое сопротивление его движению. Изменяя давление среды вокруг обтекаемого тела (грубо говоря, снижая давление позади



него), вихри как бы тянут тело назад, усиливая гидродинамическое сопротивление.

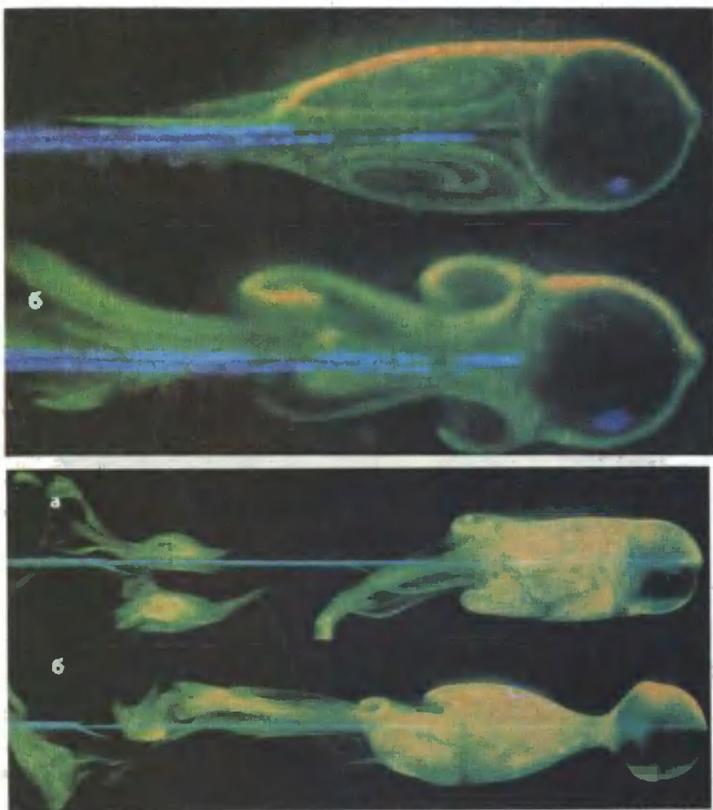
Большое влияние на образование вихрей, а следовательно, и на сопротивление движению, оказывает тонкий слой жидкости или газа, непосредственно прилегающий к поверхности движущегося тела — пограничный слой. В этом слое устанавливается ламинарное течение, в котором при удалении от тела скорость меняется от нулевой относительно тела (непосредственно на стенке) до скорости внешнего потока.

Проще всего исследовать пограничный слой при обтекании жидкостью шара. В этом случае позади шара отчетливо видна пара вихрей. На лобовой поверхности пограничный слой плотно облепает тело, однако на некоторой линии он отходит от поверхности, и за шаром образуется широкий след, содержащий вихри. Эти вихри поочередно отрываются от тела и увлекаются потоком вниз

по течению, образуя периодическую цепочку.

Если шар испытывает небольшие толчки, то при каждом из них от тела отрывается и уносится потоком пара вихрей. Толчок как бы стягивает вихри, так что интервал между парами определяется частотой толчков. Производя толчки с помощью акустических колебаний от специального источника, нетрудно управлять частотой отделения вихрей от обтекаемого тела, а значит, уменьшать или увеличивать его гидродинамическое сопротивление.

Есть и другой способ снизить гидродинамическое сопротивление. Для этого нужно так повлиять на обтекание тела потоком, чтобы линия отрыва пограничного слоя сместилась как можно дальше назад. Тогда уменьшится ширина следа и будет затруднено образование вихрей. Даже простое перечисление всех способов достижения этой цели заняло бы слишком много места, поэтому укажем



Визуализация течений с помощью флуоресцентных примесей позволяет следить как за поведением пограничного слоя, так и за образованием вихревых следов позади обтекаемого тела. На снимках видно обтекание шара потоком жидкости. Флуоресцирующая примесь подается на поверхность шара по тонкой стальной трубке, на которую он насажен; молекулы этой примеси под действием синего лазера испускают желто-зеленое излучение, помогающее следить за их положением. Когда шар находится в покое, за ним возникает устойчивая пара вихрей (а). Если же шар испытывает небольшие периодические толчки, вихри отрываются от него и образуют длинный парный след (б).

Используя флуоресцентную методику визуализации обтекания тел, удалось обнаружить эффект смещения назад линии отрыва пограничного слоя при ускорении тела. Если шар покоится, за ним наблюдается широкий след, в котором вихри перемешивают поток (а). Но стоит сообщить шару ускорение навстречу потоку, как линия отрыва сразу же смещается далеко назад, а след сужается (б). В этом режиме коэффициент сопротивления уменьшается на 30—40% и становится рекордно низким.

лишь некоторые. Во-первых, телу придают специальную обтекаемую форму. Во-вторых, применяют отсос пограничного слоя — откачивают с поверхности тела заторможенную жидкость специально установленными насосами, и тогда ее место занимают более быстрые частицы потока. Они способны продвинуться дальше, и потому линия отрыва пограничного слоя смещается назад.

Наконец, можно смещать линию отрыва, обеспечивая специальный режим движения тела. С помощью флуоресцентного метода визуализации потоков нами показано, что при ускоренном движении тела навстречу потоку линия отрыва пограничного слоя смещается далеко назад, а в иных случаях обтекание вообще становится безотрывным. Благодаря такому методу коэффициент сопротивления удается уменьшить на десятки процентов.

У исследований погранич-

ного слоя есть и другие не менее важные приложения. Рассмотрим, к примеру, химический реактор, в котором проводятся каталитические реакции. Гранулы катализатора обтекаются движущимися реагентами. Следовательно, на их поверхности возникает тонкий пограничный слой, во многом определяющий эффективность химических процессов в реакторе. Это одна сторона проблемы. Другая — гидродинамическое сопротивление, которое испытывает движущаяся смесь. Оно тоже в первую очередь зависит от пограничных слоев на поверхности твердых элементов реактора. Таким образом, учет законов гидродинамики помогает создавать совершенные химические аппараты. Именно с этим связано усилившееся в последнее время взаимопроникновение механики и химии.

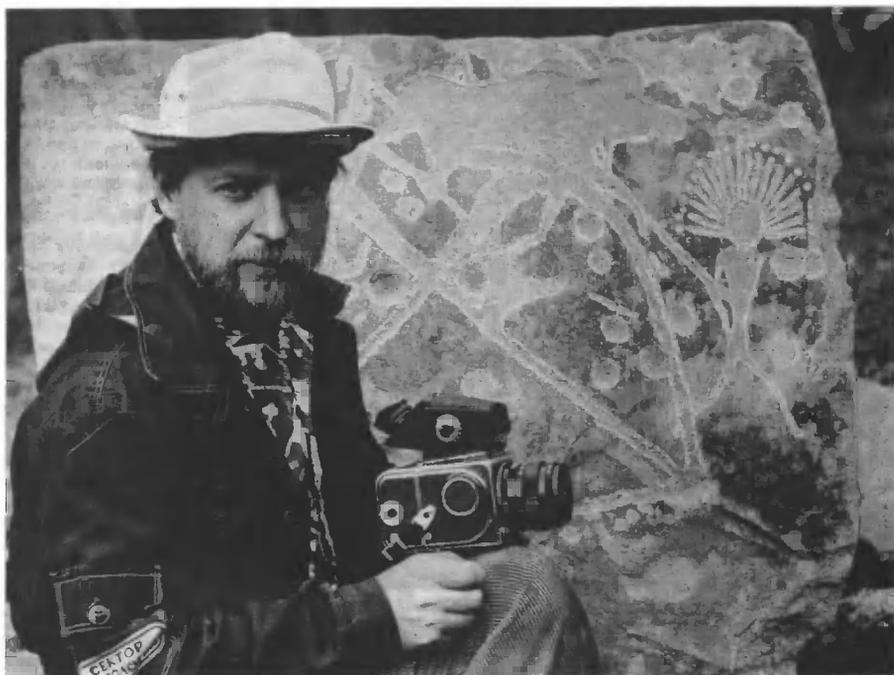
То, что ускоренное движение тела относительно потока помогает отодвинуть линию от-

рыва пограничного слоя, тоже используется в химической технологии. Многие на своем опыте убеждались, что прокачать жидкость сквозь какую-либо пористую среду легче толчками, чем постоянным давлением. Объясняется это просто: благодаря ускоренному движению жидкости при толчке пограничный слой вокруг твердых частиц долго не отрывается от их поверхности и потому в момент толчка гидродинамическое сопротивление пористой среды падает. Применение этого эффекта позволяет ускорить технологические процессы и снизить затраты энергии на них.

Как видим, механика, обнаруживающая родство между столь разными явлениями, как гудение ветра в проводах и образование пенного следа за катером, дает возможность конструкторам летательных аппаратов, химикам-технологам или пожарным извлекать пользу из исследования, скажем, флуоресцирующих струй в баке с водой.

В.Д. Кубарев

# Памятник наскального искусства Алтая



Владимир Дмитриевич Кубарев, научный сотрудник Института истории, филологии и философии СО АН СССР. С 1970 г. руководит Восточноалтайским археологическим отрядом Североазиатской комплексной экспедиции того же института. Специалист по археологии и этнографии Центральной Азии. Автор монографий: *Древние изваяния Алтая*. Новосибирск, 1976; *Древнетюркские изваяния Алтая*. Новосибирск, 1984; *Курганы Уландрыка*. Новосибирск, 1987; *Древние росписи Каракола*. Новосибирск, 1989. В «Природе» опубликовал статью: *Загадочные росписи Каракола* (1987. № 8).

**И**ССЛЕДОВАНИЯ археологов, как и представителей других исторических наук, ориентируются прежде всего (хотя и не всегда в явном виде) на понимание человеческого мира в его временном и пространственном многообразии. И потому, работая с остатками любой культуры, специалист ищет их место и роль в общей исторической картине. Чем древнее находки, тем реже несут они прямые знаки общности, историчности, и, значит, наиболее ценны те из них, которые в свете истории материальной культуры и мифологии достоверно свидетельствуют о единстве человечества. Археологическое открытие такого рода описывается в этой статье.

Среди многих памятников старины Алтая особое место занимают петроглифы. Их настолько много, что пока исследователи занимаются только систематикой материалов, делая лишь первые шаги в интерпретации самых ярких образцов наскальной графики. Труднейшим вопросом при изучении

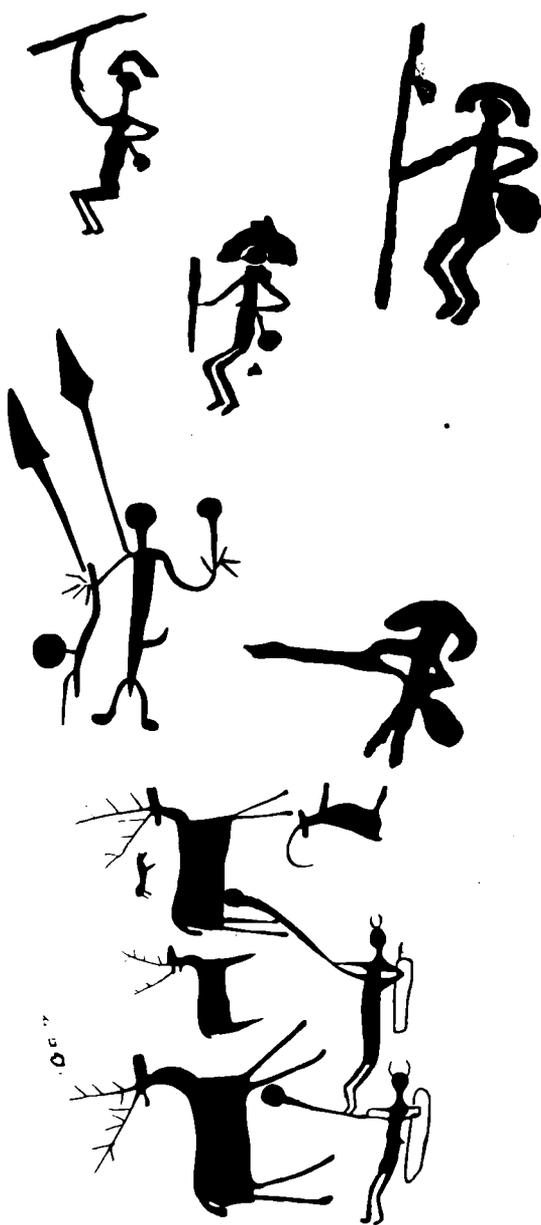
петроглифов, помимо определения даты создания, остается их расшифровка. Давно известно, что в рисунках древних запечатлены не только различные бытовые сцены: ночевка, охота, война, — но и древнейшие мифы и сказания. Различить их и определить дату помогает анализ техники, художественных приемов и стиля, но все же многие из рисунков остаются непонятными и поныне. Очевидно, это объясняется тем, что значительная часть мифов не дошла до нас, и тем, что мировосприятие древних разительно отличалось от нашего.

Но случаются и удивительные совпадения, когда дошедшие сквозь века описания мифических персонажей совпадают с некоторыми сюжетами петроглифов. К таким вполне можно отнести редчайшие композиции в урочище Калбак-Таш, на правом берегу р. Чуи, между селами Иня и Июдро. Скалы из зеленовато-коричневых сланцев причудливыми уступами обрываются в реку. У основания скал вьется знаменитый Чуйский тракт, соединяющий Западную Сибирь с Монголией. На 726 км тракта от Новосибирска, в небольшом, но богатом наскальными рисунками местонахождении вот уже третий полевой сезон проводит Восточноалтайский отряд Североазиатской археологической экспедиции Института истории, филологии и философии СО АН СССР.

Скопировано и сфотографировано более 2000 рисунков. Все они выбиты каменными или металлическими орудиями, в основном «точечной» техникой. Анализ разнообразных сюжетов и даже отдельных изображений позволяет наметить несколько этапов создания калбак-ташского святилища: крупные фигуры оленей и лосей эпохи неолита (VI—IV тысячелетия до н. э.), многообразные изображения эпохи энеолита — бронзы (III—I тысячелетия до н. э.), сцены и персонажи скифо-сибирского звериного стиля (VIII—III вв. до н. э.), сцены и рунические надписи древнетюркской эпохи (VII—X вв. н. э.). Столь широкое представительство разных времен в одном местонахождении встречается очень редко.

### «ХВОСТАТЫЕ» СУЩЕСТВА АЛТАЙСКИХ ГОР

В многообразии петроглифов Центральной и Средней Азии особое место занимают стилистически однородные изображения «хвостатых» воинов в грибовидных шляпах. Они немногочисленны. В насчитывающем тысячу рисунков грандиозном святилище Елангаш на границе Алтая с Монголией найдено около десятка таких изобра-



Изображения воинов с копьями и палицами и охотничья сцена, в которой вновь появляются палицы-булавы.

жений<sup>1</sup>. Приблизительно столько же известно по наскальным рисункам Тувы, Монголии и Китая. Эти странные, на первый взгляд, фигуры людей с хвостами присутствуют и в некоторых наскальных композициях Средней

<sup>1</sup> Окладников А. П. и др. Петроглифы долины реки Елангаш. Новосибирск, 1979.



Азии<sup>2</sup>. Каждое такое изображение в какой-то мере помогает не только полнее раскрыть семантику, но и установить место в периодизации центральноазиатских петроглифов. Вот почему нас очень заинтересовала серия изображений антропоморфных хвостатых существ на скалах Калбак-Таша.

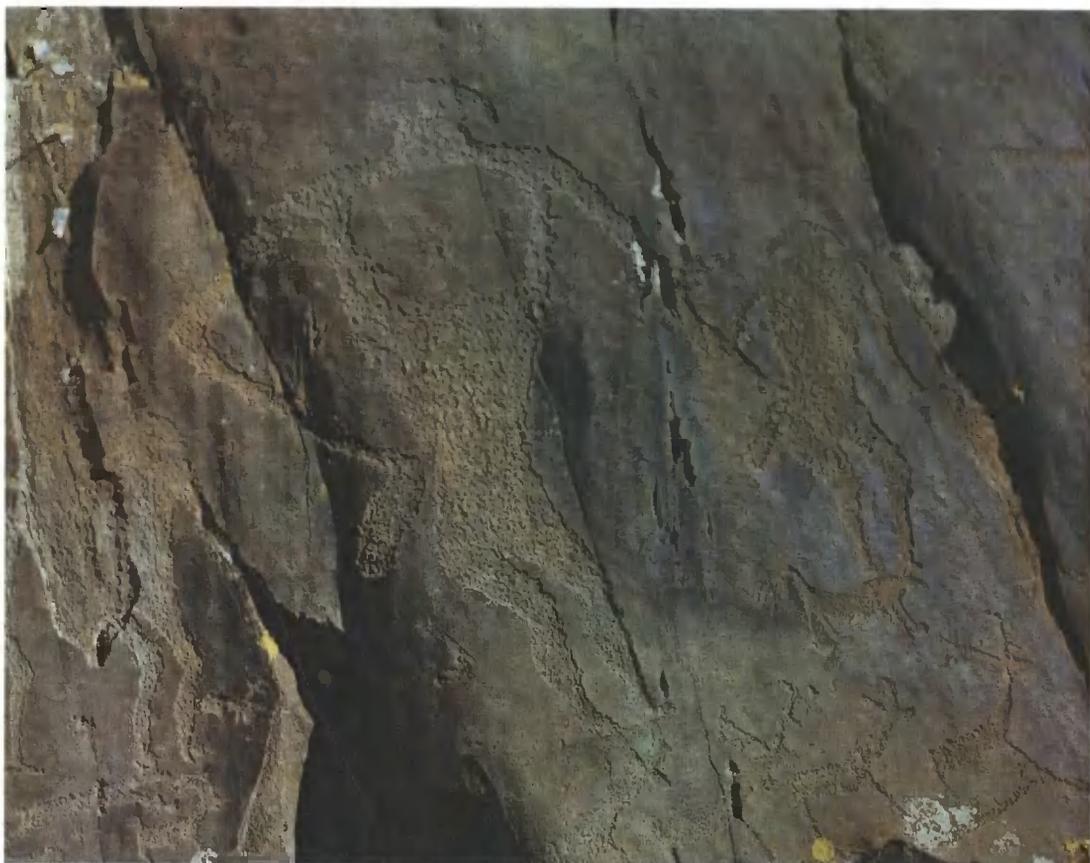
Время их создания и содержание можно определить по атрибутам, которыми снабжены фигуры. Их можно сравнить с археологическими находками из датированных памятников: поселений, курганов и т. п. Точное опознание изображенных предметов предопределяет и правильную интерпретацию сюжетных сцен с участием человека.

Рассмотрим загадочный предмет, кото-

рый в иных случаях исследователи называют по-разному: хвост, кожаный бубен, сосуд или даже сума. Конечно, столь различные определения связаны с меняющимися формой и размерами этого предмета, чаще всего подвешенного к поясу. В алтайской же серии он встречается в разных положениях, что и способствовало выяснению его назначения. У нескольких фигур он, бесспорно, изображает палицу или булаву. Пропорции этого древнего оружия соблюдены достаточно точно. Чаще палицы подвешены к поясу под небольшим углом, причем воин придерживает рукоять левой рукой (центральноазиатский иконографический канон), правой же держит главное оружие — копье или лук. Но в некоторых сценах и палица становится первостепенной — изображается под правой рукой.

Известно, что палицы чаще всего использовались в ближнем бою, при поединках. Формы палиц были разнообразны, их боевой конец мог быть круглым, грушевидным, в виде «ключа», с шипами и рогами. У многих народов палицы сменились була-

<sup>2</sup> Дэвлет М. А. Петроглифы на кочевой тропе. М., 1982. Табл. 6,2, табл. 9,1; Окладников А. П. Петроглифы Центральной Азии. Л., 1980. Табл. 149; Гай Шанлин. Петроглифы района Ланшань горной цепи Иньшань. Внутренняя Монголия // Вэньу. 1980. № 6. С. 5. (на кит. яз.); Кадырбаев М. К., Марьяшев А. Н. Наскальные изображения хребта Каратау. Алма-Ата, 1977. С. 117. Рис. 66. С. 127. Рис. 78 и т. д.

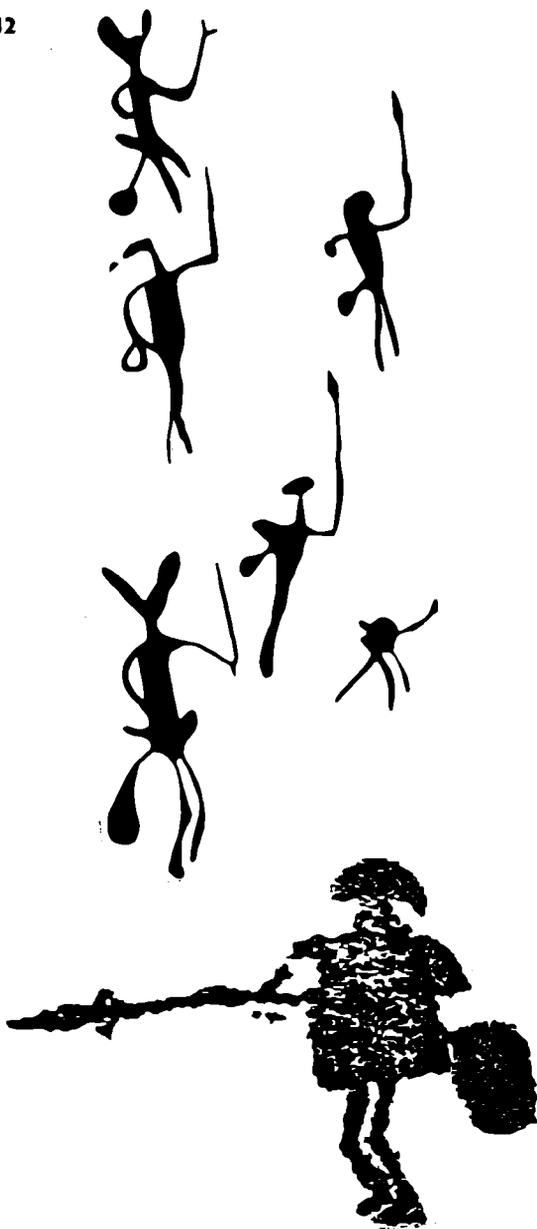


Долина р. Чун. Здесь, в урочище Калбак-Таш открыт уникальный комплекс петроглифов.

Фрагмент центральной композиции (середина II тысячелетия до н. э.) с фигурами «звостатых» людей в грибовидных головных уборах. Над головами древний художник изобразил гигантского фантастического зверя.



Возможно, этими найденными при раскопках орудиями и выполнялись петроглифы Калбак-Таша.



Образцы копий и дротиков на петроглифах Калбак-Таша.

вами, которые изготовлялись уже с навершием. Судя по археологическим данным, они были известны еще в IV тысячелетии до н. э.<sup>3</sup> С палицами-молотами изображены неолитические антропоморфные существа Томской писаницы и петроглифов Тамгалы в Казахстане. Каменные и бронзовые навер-

шие булавы найдены во многих поселениях и погребениях Евразии.

Некоторые исследователи разделяют булавы (ставшие традиционным предметом вооружения в эпоху бронзы) на боевые и вотивные (парадно-ритуальные). Боевыми пользовались, как свидетельствуют алтайские петроглифы, и во время охоты. Не исчезают булавы и в предскифское время, оставаясь традиционным оружием у киммерийцев, саков и ранних кочевников Алтая. По хорошо сохранившейся булаве из Уйгарака удалось установить длину рукояти (40 см) и диаметр навершия (5,5 см). Население Центральной Азии пользовалось булавами не только в бронзовом веке, но и в последующие времена, вплоть до гуннской эпохи. В этом нас убеждают наскальные рисунки Центральной и Средней Азии и бронзовые палицы из известных Ноинулинских курганов Монголии.

#### ВОИНЫ ИЛИ ШАМАНЫ?

Некоторые фигуры алтайских петроглифов эпохи бронзы держат посохи, копья или дротики. Различить их несложно. Копья почти всегда изображались с четко выраженным наконечником треугольной или ромбической формы, бунчуком или вымпелом. Древяно копья длинное, держится вертикально, за середину, исключая военные сцены, где оно направлено на объект нападения. Но иногда копья или дротики воины держат (потрясают ими?) за нижний конец древяно. Посох отличается от копья навершием и подтоком. Он украшен бунчуком в виде шара (хвоста?), прикрепленного не в верхней части, как на копьях, а ниже середины древяно. Подток на посохе имеет вид рогов. В отдельных случаях посохи показаны изогнутой линией.

Копье или посох в руках человека редко изображались в петроглифах других регионов Центральной Азии. Но и их, как и алтайские, можно отнести к эпохе бронзы. Это, в первую очередь, выразительная фигура согбенного старца с посохом из Тувы и наскальные рисунки из Монголии, изображающие двух хвостатых воинов в характерных головных уборах с перьями вооруженных копьями<sup>4</sup>.

Копье, посох, булава — древние атрибуты не только воина, но и первопродка, родоначальника или шамана. Первые рисун-

<sup>3</sup> Кинк Х. А. Художественное ремесло древнейшего Египта и сродельных стран. М., 1976. С. 32.

<sup>4</sup> Дэзлет М. А. Петроглифы Улуг-Хема. М., 1976. С. 71; Новгородова Э. А. Мир петроглифов Монголии. М., 1984. С. 113. Рис. 50.

ки человека с посохом появляются в Сибири уже в неолите. Они, возможно, одновременно мужским фигурам с посохом из знаменитой Иераконпольской стенной росписи последней четверти IV тысячелетия до н. э. Есть и археологические находки, подтверждающие культовое значение посоха. Навершая и подтоки к ним найдены в поздне-бронзовых комплексах Северного Кавказа. Б. В. Техов считает посохи символами власти, которые принадлежали родовым старейшинам и применялись не в быту, а в культовых и общественных обрядах и церемониях<sup>5</sup>.

Некоторые фигуры изображены с подвешенными к поясу хвостами, напоминающими бычьи, что не оставляет сомнений в том, что изображен действительно хвост (а не булава, как в прежде описанных случаях). Выразительнее других небольшая фигурка воина в центре одной из композиций. В одной руке он держит копье с бунчуком, другой ведет за повод коня; сзади у него свисает длинный пышный хвост. Все остальные фигуры придерживают хвост рукой у пояса.

Судя по этнографическим и археологическим источникам, шаманы и воины нередко надевали шкуры животных или приделывали сзади хвосты. На древнейшей стенописи в святылище Чатал-Хююк (Турция) изображен огромный красный бык, окруженный маленькими фигурками мужчин в красных шкурах. Шкура с хвостом, очевидно, являлась отличительным знаком мужчины-воина, охотника. Антропоморфные существа с хвостами известны в искусстве Передней Азии начала I тысячелетия до н. э. На луристанском культовом топоре выгравирован бегущий лучник с хвостом. Вряд ли это фантастическое существо, как полагает М. Н. Погребова<sup>6</sup>. В данном случае хвост — неотъемлемая часть воинского облачения — своей формой напоминает, например, находки из Катандинского кургана на Алтае. Подобную одежду носят и лучники из Койбагара на петроглифах Казахстана. Тот же рудиментарный хвост имеют воины на ассирийском рельефе из Ниневии. Вообще, у древних характерно отождествление героя со зверем: так, волками и псами называли воинов иранцы.

Непрерывной деталью, а может быть, еще одним отличительным знаком мужчины-воина в нашей серии служит головной

убор. Преобладают своеобразные шапки грибовидной формы. Одни из них, плотно надвинутые на голову, свисающими краями напоминают, скорее, пышную прическу; другие как бы висят над головой; третьи имеют вид широкополых шляп. Есть и головной убор треугольной формы с лопастями, близкий малахаям степных кочевников. Один из уборов увенчан пером, что сближает его с шапками или шлемами воинов с монгольских и тувинских петроглифов. Перья, воткнутые в прическу или головной убор, показаны еще на одной, довольно реалистичной фигуре человека, изображенной рядом с одноосной колесницей. К головным уборам следует отнести и изображения облегчающих шапок с длинными «ушами» или рогами, напоминающие уборы хвостатых существ с рогами с известных Шишкинских писаниц на р. Лене.

## ПЕРИОД КОЛЕСНИЦ И БЫКОВ

Существенное значение для хронологии калбак-ташских наскальных рисунков и их связи с архаической материальной культурой Азии имеет изображение легкой колесницы. По конструкции она мало отличается от уже известных центральноазиатских изображений колесниц, датируемых в основном эпохой бронзы. Колесница еще раз определяет дату центральной композиции Калбак-Таша, создававшейся, вероятно, в середине II тысячелетия до н. э.

Проведенный анализ помог определить некоторые предметы, сопровождающие изображения хвостатых фигур. К сожалению, многие из них, оставшиеся традиционными на протяжении многих веков (особенно это относится к оружию), датировать и интерпретировать нелегко. Испытанный в археологии метод аналогий уже неудовлетворителен, как стало ясно при изучении петроглифов эпохи бронзы. Именно в это время «в искусстве народов, населявших степи и предгорья Евразии, появляются некоторые общие черты, обусловленные, по-видимому, резким возрастанием интенсивности взаимных контактов и усилением диффузии»<sup>7</sup>. На обширных просторах Центральной и Средней Азии появляется масса очень сходных изображений воинов, колесниц и животных. Складывается изобразительный канон, зарождается «звериный стиль», что еще более нивелирует локальные особенности наскального искусства отдельных регионов Евразии. Канонизированные образы —

<sup>5</sup> Техов Б. В. Центральный Кавказ в XVI—X вв. до н. э. М., 1977. С. 154.

<sup>6</sup> Погребова М. Н. Закавказье и его связи с Передней Азией в скифские времена. М., 1984. С. 93—94. Табл. VI, 3.

<sup>7</sup> Шер Я. А. Петроглифы Средней и Центральной Азии. М., 1980. С. 232.



Одна из интереснейших композиций Калбак-Таша. Вокруг доминирующих трех грузных фигур быков размещены разнохарактерные человеческие фигурки, и, несмотря на плотность и беспорядочность рисунков, здесь несомненно стилевое единство и уравновешенность фигур и предметов.

«сквозные сюжеты» — появляются во всех древних святилищах от Монголии до Кавказа, что, с одной стороны, затрудняет их культурно-хронологическое определение, с другой — облегчает интерпретацию некоторых, наиболее часто встречаемых сюжетов. С накоплением петроглифических материалов отдельные образы, уже достаточно точно датированные и даже расшифрованные, помогут определить дату и других, сопутствующих им изображений.

Вернемся теперь к калбак-ташскому комплексу. В центральной его композиции (созданной, скорее всего, одним художником) хвостатые фигуры воинов и шаманов окружены изображениями различных зверей. Среди них выделяются несколько крупных фигур быков. По значимости они не уступают человеку, а может быть и есть главные персонажи уникальной композиции. При всем сходстве между собой быки все же стилистически разнородны. Близки они статичностью позы, одинаковыми пропорциями тела, формой головы, рогов и хвоста, а также наличием седла или вьюка на спинах (что можно считать одной из характерных черт изображений алтайских быков). Еще более сближает по содержанию эти рисунки изображение небольших антропоморфных фигурок, стоящих на спинах бы-

ков или держащих их на поводу. Различия же заключаются в оригинальном оформлении туловища, головы и рогов. Так, несколько необычно выглядит бык, туловище которого заполнено 12 рельефными кругами. Примерно в той же «ажурной» манере выполнено туловище еще одного быка, при первом взгляде на которого создается впечатление, что это вовсе и не бык. У него типичная оленья голова с удлинённой мордой и развешенными рогами и подшейные клоки, которые не показаны у других быков. Однако массивное туловище и хвост «кисточкой» несомненно бычьи. Точно такое же, синкретичное по характеру, существо изображено и в нижней части рассмотренной ранее композиции.

Подобный изобразительный прием применялся и другими древними художниками Алтая. На р. Елангаш, где изображения быков общим числом едва ли уступают другим популярным персонажам древности, их фигуры увенчаны рогами самой разнообразной формы. Даже допуская известную степень стилизации изображений, нетрудно установить, что натурой для них послужил бык-тур (*Bos primigenius*). Следует, впрочем, сказать, что образ древнего, теперь уже ископаемого быка в Центральной Азии трактовался иначе, чем в Средней Азии. Поэтому алтайский мотив быка ближе аналогичным рисункам соседних Тувы и Монголии. Прежде всего это относится к уже упомянутым быкам с рогами оленя или козла. Близкое по стилю, но «более сложное и фантастическое животное с телом быка, рогами горного барана и, кроме того, с оленьими рогами над хвостом» известно в петроглифах Чулуута (Монголия)<sup>8</sup>. Э. А. Новгородова считает этот прием своеобразной маскировкой быка под оленя. Но, может быть, в таких необычных сочетаниях отразилось слияние или постепенная смена образов тотемных животных (быка, оленя, козла), что, несомненно, связано с миграциями и непосредственными культурными контактами населения Евразии. Не случайно уже в VI тысячелетии до н. э. у древних земледельцев Передней и Средней Азии в росписях стен святилищ бык и олень изображены рядом. «Связь оленя с быком — животным анатолийского бога грозы и, возможно, с самим этим богом позволяет предположить, что место этих животных в представлениях древних жителей Анатолии, было близким»<sup>9</sup>.



Ритуальная сцена с участием «хвостатых» шаманов и божественного быка [у которого ясно видны и черты оленя].

Наскальные полотна Калбак-Таша поразительно близки живописным композициям и скульптурным комплексам Чатал-Хююка. Вряд ли это прямая связь, так как между памятниками существует не только территориальный, но и культурно-хронологический разрыв. Однако необходимо признать, что в сценах совпадают не только персонажи (бык, олень, вооруженные хвостатые люди и т. д.), но и характер ритуальных действий. А ведущая роль в этих действиях принадлежала быку — символу сверхчеловеческой мощи, обычному эпитету богов. «Бык был животным сверхъестественного существа, которое изображалось верхом на нем...»<sup>10</sup> Не изображено ли такое божество и на спинах калбак-ташских быков? Определенного ответа пока нет.

#### КАЛБАК-ТАШСКАЯ ХИМЕРА

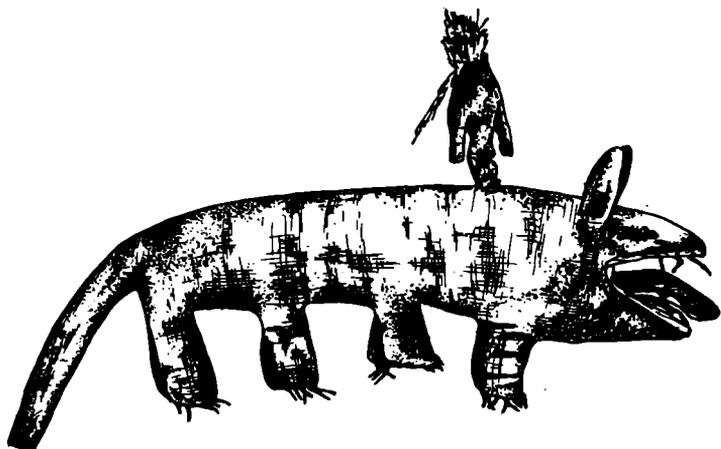
Еще одним убедительным свидетельством архаичности рассмотренных рисунков является необычный зверь, выполненный тех-

<sup>8</sup> Новгородова Э. А. В стране петроглифов и здельвейсов. М., 1982. С. 62.

<sup>9</sup> Антонова Е. В. Очерки культуры древних земледельцев Передней и Средней Азии. М., 1984. С. 85.

<sup>10</sup> Там же. С. 93.

Кер-тютпа — фантастический помощник алтайских шаманов.



никой выбивки в центральной части калбак-ташского святилища. Он живо напоминает известных фантастических зверей окуневской культуры Хакасии. Близкие по стилю и манере исполнения, а главное, по содержанию, изображения фантастических зверей есть на Шишкинских писаницах и на Шалоболинских скалах. О дальнейшем самостоятельном развитии этого древнейшего в Центральной Азии образа свидетельствуют изображения фантастического зверя на Алтае и в Монголии. Это уже не типичный окуневский хищник с реальными чертами конкретных зверей, а действительно фантастическое чудовище. Тем не менее сходство с более ранними изображениями все еще значительно, хотя появляются и новые черты, характерные затем для персонажей развитого скифо-сибирского стиля. К ранним (окуневским) признакам необходимо отнести маленькие округлые уши, круглый глаз, характерные очертания морды с открытой зубастой пастью, четыре ноги со шпорами и когтями, заброшенный на спину хвост, но уже не зубчатый, как у окуневских зверей, а полосатый, характерный для поздних изображений хищников скифской эпохи. К окуневским зверям калбак-ташский близок также большими размерами (66×45 см) рисунка. Новые черты в калбак-ташском звере заметны прежде всего в позе «крадущегося хищника» и форме зубов, более типичных уже для изображений хищников из памятников пазырыкской культуры Алтая.

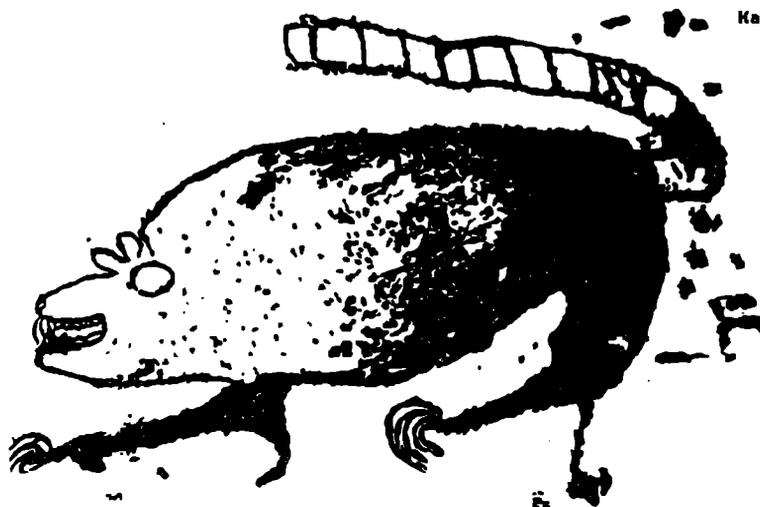
Таким образом, зверь или, лучше сказать, химера из Калбак-Таша иллюстрирует поэтапные изменения древнего окуневского образа и его несомненную связь с изобразительным искусством населения Алтая в эпоху поздней бронзы (конец II тысячелетия до н. э.). Особенно важно для ин-

терпретации калбак-ташской химеры то, что она представлена в одной законченной наскальной композиции. Необычное расположение ее в верхней части каменного «алтаря», головой вниз, создает впечатление о чудовище, приготовившемся к нападению на группу человеческих фигур, изображенных в центральной части скальной плоскости. Та же сцена — хищник с раскрытой пастью и высунутым языком нападает на двух стоящих вплотную друг к другу людей — выбита на скалах Бичигтин-Хад (Монголия). Стиль изображения этого хищника близок фигурам волкообразных зверей, с оленного камня из Ушкийн-Увэра. Возможно, в обоих случаях мы сталкиваемся с визуальным изложением древнейшего космического мифа о борьбе демиургов-близнецов с чудовищами.

Изображения также напоминают фантастического зверя древнекитайской мифологии — таоцюаня. Он походил на собаку, но зеленого цвета, а питался людьми. Другой пожиратель людей — цюнци — был похож на крылатого тигра, покрытого иглами<sup>11</sup>. Не исключено, что иллюстрации именно к этому, одному из древнейших азиатских мифов, запечатлены на скалах Калбак-Таша и Бичигтин-Хада.

Но особенно удивителен в алтайском шаманстве образ огромного дракона кер-тютпа или керь-ютпа. Древние его черты угадываются не только по уже знакомым нам признакам (вытянутое, суживающееся к хвосту туловище с огромной головой, пасть, усаянная длинными острыми зубами, высунутый язык, короткие ноги с ногтями), но и по названию чудовища (в переводе — «живоглот»). Но в отличие от фантастиче-

<sup>11</sup> Юань-Кэ. Мифы древнего Китая. М., 1965. С. 254.



Калбак-ташская химера.

ских чудовищ-поглотителей эпохи энеолита — бронзы, кер-тютпа осмысливается как существо, полезное людям. Алтайские шаманы видели в нем своего охранителя, незаменимого в путешествиях по подземному миру, где, как предполагалось, было много злых духов.

Итак, некоторые (пока редкие) сюжеты алтайских петроглифов можно соотнести с конкретными мифологическими повествованиями, другие связаны с иллюстрацией каких-то древних ритуалов. Прямые совпадения мифологических персонажей с образами наскального изобразительного искусства все еще немногочисленны. Впереди огромная работа по дешифровке наскальных изображений Центральной Азии. Впрочем, данные, которыми мы располагаем уже сейчас, позволяют наметить интересный вывод.

### ОТ ИНДА ДО АЛТАЯ

Многие персонажи Калбак-Таша своими стилистическими особенностями и отдельными иконографическими чертами указывают направление движения древнейших образов с Запада на Восток. Если допустить, что именно так распространялись многие изобразительные, мифологические в основе сюжеты в III—II тысячелетиях до н. э., становится понятным удивительное сходство энеолитических петроглифов Сибири и недавно открытых петроглифических комплексов Инда. «Как в Южной Сибири, так и на Инде обнаружены сильно абстрагированные человеческие фигуры с похожими на маски лицами. Такие маски встречаются и отдельно, причем половина лица разделена на части, нередко двумя перекрещивающимися

ся диагоналями», — пишет К. Йеттмар<sup>12</sup>. Многообразны и другие изображения людей на петроглифах Инда, датируемых, вероятно, той же эпохой ранней бронзы. Особенно часты здесь танцующие фигуры с чем-то вроде шлейфа, что можно истолковать и как чрезмерно большой фаллос, и как хвост. Но ведь такие же изображения есть и на скалах Алтая!

Таким образом, несомненные совпадения в петроглифических материалах многих азиатских регионов доказывают, что в III—II тысячелетиях до н. э. древние скотоводы проникли со своими стадами и в горы. Они мигрировали с периферии зон распространения земледельческих культур и, как можно судить по петроглифам, донесли скотоводство не только до Инда и северо-запада Китая, но и до окруженных горами степей Алтая.

Остается добавить, что работа по копированию петроглифов Калбак-Таша была проведена очень своевременно. К сожалению, многие побывавшие здесь оставили на древних каменных полотнах автографы — выбитые, процарапанные, намазанные несмываемой краской. Большая часть уникальных рисунков Калбак-Таша навсегда утрачена и при расширении Чуйского тракта. Для предотвращения дальнейшего разрушения этого редкого памятника наскального искусства Горно-Алтайская областная организация ВООПИК выступила с инициативой объявить урочище Калбак-Таш заповедной зоной.

<sup>12</sup> Йеттмар К. Религия Гиндукуша. М., 1986. С. 308.

А. А. Гурштейн

## АСТРОНОМИЯ В СЕМЬЕ НАУК



Александр Аронович Гурштейн, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР. Специалист в области астрономического приборостроения, лунной астрометрии и археоастрономии. Председатель секции истории астрономии Советского комитета истории и философии естествознания и техники.

**В** XX в. астрономия, как и многие другие естественнонаучные дисциплины, попала под влияние физики. Продуктивность этого влияния ни у кого не вызывает сомнений. Вместе с тем именно на примере сближения астрономии с физикой в полный рост встала острая методологическая проблема дисциплинарной структуры науки. Сохранилась ли астрономия как отдельная наука или стала одним из направлений безмерно разросшейся современной физики?

### ЗА И ПРОТИВ

Невозможно вспомнить случай, чтобы астроном-профессионал когда-либо подверг сомнению статус астрономии как самобытной самостоятельной научной дисциплины. Так, И. С. Шкловский, хотя и сводит всю современную астрономию к астрофизике, все же не ставит знака равенства между астрономией и физикой: «Среди большинства физиков распространено заблуждение, что фундаментальные законы их науки в будущем

будут открываться либо в лабораториях экспериментаторов, либо под пером теоретиков. Это раньше астрономические наблюдения вдохновляли Ньютона на открытие фундаментальных законов механики. Теперь же времена другие... Такая точка зрения нам представляется глубоко ошибочной...<sup>1</sup>

Шкловский приводит ряд конкретных примеров, показывающих, что, заимствуя из арсенала экспериментальной и теоретической физики, астрономия не остается в долгу. Например, мысль об управляемой термоядерной реакции возникла при решении давнейшей проблемы астрономии об источниках энергии Солнца и звезд, анализ возмущений магнитного поля Земли в связи с появлением активных областей на Солнце привел к разработке продуктивной концепции бесстолкновительной плазмы. Если же говорить о будущем, лишь астрономические наблюдения способны подтвердить (либо опровергнуть) существование теоретически предсказываемых малых сил, связанных с фундаментальными свойствами вакуума.

Физики всегда были категоричнее в своих суждениях: «По сложившейся традиционной классификации... принято различать в виде самостоятельных научных дисциплин астрономию, механику и физику, хотя, в сущности, здесь речь идет об отдельных областях единой физической науки, объединенных общими научными принципами и тесно связанных между собой благодаря непрерывному обмену идеями и методами исследования»<sup>2</sup>. С последним аргументом трудно согласиться. Подобно тому как циркуляция крови обеспечивает нормальное функционирование разных органов живого организма, никак их не нивелируя, циркуляция идей и методов обогащает все области науки — как точные, так и гуманитарные, никак не стирая границы устоявшейся дисциплинарной структуры науки.

Поползновения физиков рассматривать астрономию как часть физики не раз получали отпор с общеполитических позиций. Так, Г. И. Наан и В. В. Казютинский соглашались, что объекты познания в астрономии — это почти во всех случаях определенные физические объекты: планеты, звезды, диффузное вещество, галактики, Вселенная. «Все эмпирические средства познания астрономия заимствовала у современной физики, а для представления своих объектов в знании она использует математизированный язык современной физики, ее фундаментальные тео-



Восхождение души через небесные сферы (анонимный герметический манускрипт XII в.). Издравле астрономия связана с мировоззрением теснее всех других наук, давая наиболее глобальную картину мира.

рии. В определенном смысле астрономия может, следовательно, рассматриваться как прикладной раздел физики...»<sup>3</sup> Суммируя в этом высказывании существо аргументов против суверенности астрономии, авторы дают представление и о ее специфике, проявляющейся, по их мнению, прежде всего в своеобразии условий познания — опосредующих звеньев взаимосвязи между

<sup>1</sup> Шкловский И. С. Проблемы современной астрофизики. М., 1988. С. 46.

<sup>2</sup> Арцимович Л. А. Будущее принадлежит астрофизике // Природа. 1972. № 9. С. 2.

<sup>3</sup> Наан Г. И., Казютинский В. В. Фундаментальные проблемы современной астрономии // Дialeктика и современное естествознание. М., 1970. С. 209.



Иерархия учебных дисциплин в средневековом университете. Среди них почетное место занимает астрономия. Иллюстрация из кн.: Margerite philosophica (1503 г.).

объектом и субъектом, роль которых в экстремальных областях — наименьших (квантовая теория, теория элементарных частиц) и наибольших (космология) из исследуемых масштабов — должна выступать наиболее отчетливо.

Соображение Наана и Казютинского имеет содержательно-когнитивный, внутринаучный характер. Однако данная проблема не может быть исчерпана в рамках внутринаучного подхода. Например, все аргументы против самобытности астрономии с тем же успехом адресуются современной химии, которую по объекту исследования тоже можно считать разделом физики, отличающимся лишь методами. Но в этом случае соображение об «условиях познания» не спасает положения, поскольку для физики и химии они весьма близки.

Интересно, что во второй половине XVIII в. самобытность астрономии уже подвергалась сомнению с другого фланга. Быстро прогрессирующая небесная механика, как ныне астрофизика, многим казалась разделом, который поглотит всю остальную астрономию, и в знаменитой французской «Энциклопедии» мы находим утверждение: «Астрономия, собственно говоря, сводная

часть математики, которая изучает небесные тела, их величину, движение, расстояния, периоды, затмения. Иногда астрономию рассматривают более широко. Под ней понимают изучение Вселенной, простейших законов природы. Исходя из этого понимания, астрономия скорее является частью физики, нежели математики...»<sup>4</sup>

Жизнь дала однозначный ответ: широкое применение математического аппарата отнюдь не свело астрономию ни к математике, ни к небесной механике. Этот исторический урок, думается, весьма поучителен.

Кстати, астрофизика, из-за которой возникает ныне вопрос о самобытности астрономии, начиналась преимущественно как астрохимия, и следы этого сохранились еще в XX в.<sup>5</sup> Кадры астрофизиков на первых порах пополнялись химиками. Астрономы в большинстве своем всегда были убеждены, что ни как астрохимию, ни как астрофизику этот раздел науки не следует вырывать из контекста традиционно астрономической тематики.

## В СПОР ВМЕШИВАЕТСЯ МЕТОДОЛОГ

Познаваемая нами природа неделима, в то время как наука имеет дисциплинарную структуру. И эта структура отнюдь не заложена в окружающем нас мире: она отражает не мир, а лишь текущие представления человека о нем. Подобным же образом нет в природе и никакой ценностной шкалы исследовательской деятельности. Научные приоритеты во все эпохи зависели не от лежащих вне человеческого сознания и заложенных в самой природе факторов, а от социокультурного уровня общества.

Отсюда следует, что невозможно раз и навсегда установить иерархию научных дисциплин. Несмотря на объективность окружающего мира, эта иерархия зависит от сознания. Внеисторический подход к этой проблеме, в принципе, не даст корректных результатов. И. С. Алексеев, тщательно проанализировав все доводы за и против суверенности астрономии, не смог прийти к окончательному суждению и закончил работу тремя вопросами:

Какова относительная роль исторических, социологических и логико-методологических соображений в признании самостоятельного статуса науки?

<sup>4</sup> Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers. T. 3. P., 1781.

<sup>5</sup> См., напр.: Пуанкаре А. Теория сэра Нормана Локайера // Новые идеи в астрономии. Сб. третий. СПб, 1914. С. 104.

Какое значение для статуса науки имеют особенности ее метода?

Какую роль в определении ее самостоятельности играют особенности ее эмпирических объектов и характер теоретических концепций?<sup>6</sup>

## СТАТУС НАУЧНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Под статусом научной дисциплины подразумевается ее социальный статус, который не может быть функцией лишь исключительно объекта, методов и условий познания. Он определяется крупнейшими научными результатами, достигнутыми в ходе ее предшествующего исторического развития, ее сложившейся структурой, включая образование, важность прогнозируемых результатов и, наконец, общепризнанным репуте и активностью работающих в данной области ученых.

Осознание социальной природы науки и ее структурных единиц проходит красной нитью в новейшей науковедческой литературе. По А. П. Огурцову, научной дисциплиной является «определенная форма систематизации научного знания, связанная с институализацией знания, с осознанием общих норм и идеалов научного исследования, с формированием научного сообщества, специфического типа научной литературы (обзоров и учебников), с определенными формами коммуникаций между учеными, с созданием функционально автономных организаций, ответственных за образование и подготовку кадров»<sup>7</sup>. Содержательные особенности научной дисциплины — объект, методы и условия познания — в этом определении отсутствуют. Они остаются тем историческим фоном, на котором некогда сформировались научные дисциплины, между тем как поддержание структуры сложившихся дисциплин обусловлено факторами не содержательно-когнитивными, а социокультурными.

Переходя от общих методологических посылок к конкретному анализу статуса современной астрономии, прежде всего отметим, что по большинству количественных (наукометрических) показателей удельный вес астрономии в современной науке невелик.

Не преувеличивая роль наукометрических оценок, обратим внимание на очевид-

ные факты. Согласно «Каталогу книг» издательства «Наука», с 1965 по 1980 г. увидели свет (без переизданий) 851 книга по математике, 547 — по физике, 442 — по механике и процессам управления и только 162 — по астрономии<sup>8</sup>. С учетом переизданий каталог включает 2595 названий, причем по астрономии было выпущено лишь 200 (7,7 % общего выпуска физико-математической литературы). Астрономическая литература уступает книгам по другим физико-математическим дисциплинам по среднему объему, тиражу и числу переизданий. Количество литературы по астрономии не выдерживает сравнения с потоком литературы по химии, биологии, наукам о Земле, выпускаемой не только в «Науке», но и в специализированных всесоюзных издательствах.

Эта ситуация характерна для всего мира. Представление о статистике изданий можно почерпнуть из подсчета рецензий, публикуемых в журнале «Новые книги за рубежом», где с 1965 по 1980 г. было опубликовано 2946 рецензий на книги по математике, 2412 — по физике и лишь 448 — по астрономии.

Более чем скромное место астрономии в кругу научных дисциплин подчеркивается данными по системе образования. Астрономия изучается далеко не во всех университетах, причем даже там, где специальность «астрономия» существует, набор студентов в десятки раз меньше, чем на физические, механико-математические, химические и другие естественнонаучные специальности.

Среди действительных членов и членов-корреспондентов Академии наук СССР по состоянию на 1989 г. астрономические специальности представлены лишь 18 лицами из 100 членов Академии по Отделению общей физики и астрономии. Но и эти данные сильно завышены, поскольку по традиции часть членов Академии указывает общую специальность «физика и астрономия». Из 18 членов Отделения, у которых указаны астрономические специальности, лишь 12 работают в астрономических учреждениях, остальные — физики с астрономическими интересами. Относительное число астрономов среди членов Академии в последние годы продолжало снижаться. Правда, в астрофизических исследованиях вовлечены многие физики, что несколько меняет соотношение в пользу астрономии. В исследования по небесной механике включалась ар-

<sup>6</sup> Алексеев И. С. О специфике астрономической науки // Методологические вопросы физики. Т. 2. Ученые записки Тартуского гос. ун-та. Вып. 360. Тарту, 1975, С. 14—20.

<sup>7</sup> Огурцов А. П. Дисциплинарная структура науки. М., 1988. С. 244.

<sup>8</sup> Каталог книг, вышедших в 1965—1980 гг. Математика. Физика. Механика. Астрономия. М., 1983.



**Модель пульсара.** Взаимодействие физики и астрономии отчетливо видно на примере открытия пульсаров. Будучи по своей природе астрономическим, это открытие потребовало вмешательства физиков для создания модели пульсара, хотя интерпретировать наблюдения, в конечном счете, удалось лишь при активном участии астрономов.

математиков и механиков, но их работы часто трактуются как работы не по астрономии, а по механике и процессам управления. Как бы на границе между геологией и астрономией расположилась сравнительная планетология.

Приведенные данные свидетельствуют, казалось бы, о том, что астрономия стала «бедной родственницей» среди естественно-научных дисциплин.

## ДРУГИЕ КРИТЕРИИ

При учете ценностных показателей впечатление от места современной астрономии в кругу научных дисциплин меняется.

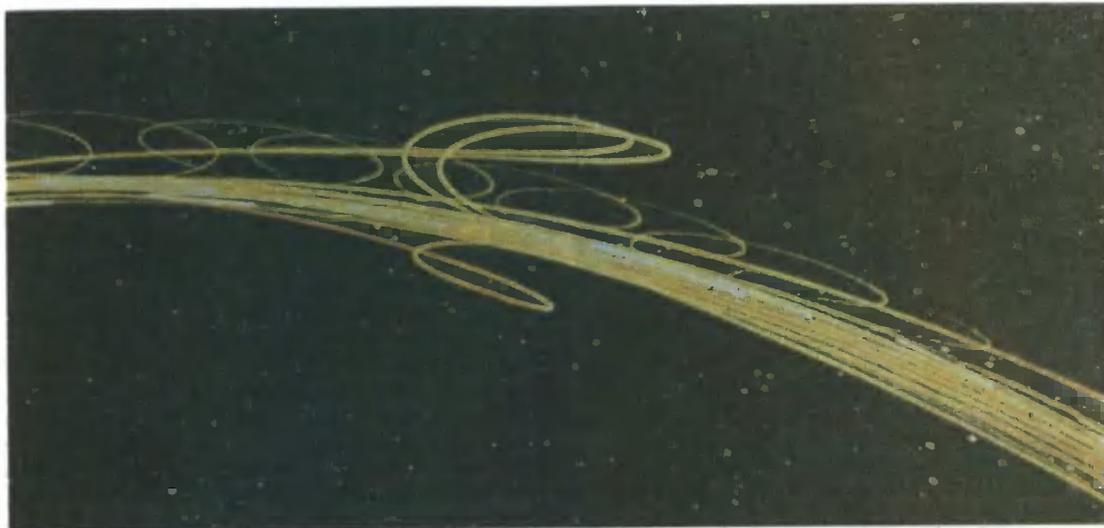
Прежде всего, обращает на себя внимание высокая общественная активность астрономов и большое доверие, оказываемое им научной общественностью. Так, на пост президента Международного совета научных союзов — по существу, высшего неправительственного органа самоуправления мировой науки — избирались астрономы Дж. Э. Хейл (1931—1934), Б. Линдبلاد (1952—1955), В. А. Амбарцумян (1968—1972), К. де Ягер (1978—1980); это гораздо чаще, чем можно было бы ожидать в среднем от членов одного из 18 научных союзов. Б. Линдبلاد был президентом Королевской академии наук Швеции в 1938—1939 и в 1960—1961 гг., в 1968 г. Парижскую акаде-

мию возглавил А. Кудер, президентом Папской академии наук в Ватикане в 1960—1966 гг. был Ж. Леметр, президентом Датской академии в 1969—1975 гг. Б. Стремгрен, Г. Аро возглавлял Академию научных исследований Мексики и т. д.

Повсеместным признанием в научном сообществе пользуются результаты астрономических исследований. «За двадцать-двадцать пять последних лет в астрономии сделано несколько открытий первостепенного значения (кварзары, реликтовое тепловое излучение, рентгеновские звезды, космические мазеры на линиях молекул  $\text{OH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и других молекул, пульсары, рентгеновские и гамма-всплески), не говоря уже о многих крупных достижениях несколько меньшего масштаба...»<sup>9</sup> Если отнести к успехам астрономии также часть достижений в области космических исследований (изучение Луны и планет), то ее победное шествие в наши дни станет еще более впечатляющим — это высказывание не астронома, а физика-теоретика.

В соответствии с завещанием А. Нобеля, премии его имени по астрономии нет. Тем не менее после второй мировой войны среди Нобелевских премий по физике четыре «астрономического содержания»: в 1967 г. — физики Х. Бете за вклад в теорию ядерных реакций, прежде всего за исследования генерации энергии в звездах; в 1974 г. — радиоастрономам М. Райлу и Э. Хьюишу за пионерские исследования по радиоастрофизике; в 1978 г. — радиоастрономам А. Пензиасу и Р. Вильсону за открытие

<sup>9</sup> Гинзбург В. Л. О физике и астрофизике. М., 1985. С. 167.



Видимые перемещения планет, смоделированные в планетарии. Эти перемещения пытались объяснить К. Птолемей, Н. Коперник, И. Ньютон, но астрономам еще предстоит раскрыть природу многочисленных загадочных резонансов и взаимовлияний небесных тел.

реликтового излучения; в 1983 г. — астрофизикам С. Чандрасекару за теоретические исследования физических процессов, определяющих структуру и эволюцию звезд, и У. Фаулеру за теоретические и экспериментальные исследования ядерных реакций в звездах и создание теории образования химических элементов во Вселенной<sup>10</sup>.

Астрономии принадлежит, хотя и не отмеченной Нобелевской премией, пожалуй, самое крупное научное достижение естествознания XX в., серьезно повлиявшее на всю картину мира: теория нестационарной, эволюционирующей Вселенной, восходящая к работам нашего выдающегося соотечественника А. А. Фридмана. Если эволюционизм как стержневой элемент стиля научного мышления возник в XIX в. трудах Ч. Дарвина и Ч. Лайеля, то в XX в. астрономия — единственная из физико-математических дисциплин — стала полностью эволюционной.

Нет сомнений и в исключительной общечеловеческой значимости астрономических проблем. Вновь обратимся к авторитету В. Л. Гинзбурга: «...у астрономии имеются богатые резервы, связанные с возможностью расцвета нейтринной астрономии и астроно-

мии гравитационных волн, а также с созданием гигантских радиотелескопов в космосе»<sup>11</sup>. Примеры возможного в ближайшем будущем влияния астрономии на изменение фундаментальных физических представлений он видит во введении скалярного поля в релятивистскую теорию тяготения, обнаружении изменения физических констант, в особенности гравитационной, со временем, отклонении от известных физических законов внутри или вблизи огромных масс (ядра галактик, квазары, нейтронные звезды). Решающее слово по всем этим проблемам — за астрономическими измерениями. В сфере интересов астрономов по-прежнему остаются исследования планет средствами ракетно-космической техники и захватывающая проблема внеземных цивилизаций. Таким образом, нет никаких оснований опасаться за снижение познавательной ценности астрономии.

Астрономические данные, как и прежде, остаются стержнем научной картины мира. Мировоззренческая роль астрономии всегда была значительнее роли других физико-математических дисциплин. Приведем мнение А. Пуанкаре: «Астрономия полезна, потому что она величественна; она полезна, потому что она прекрасна... Именно она являет нам, как ничтожен человек телом и как он велик духом, ибо ум его в состоянии объять сияющие бездны, где его тело является лишь темной точкой...»<sup>12</sup>

Несомненно и автономность организационной структуры астрономии, включая образование. Центрами астрономических

<sup>10</sup> Подробнее см.: Татарин Ю. Б. Нобелевские премии за астрономические и астрофизические открытия // Историко-астрономические исследования. Вып. 17. М., 1984. С. 323—348; Чолаков В. Нобелевские премии. Ученые и открытия. М., 1987.

<sup>11</sup> Гинзбург В. Л. Цит. соч. С. 170.

<sup>12</sup> Пуанкаре А. О науке. М., 1983. С. 227.

исследований служат самостоятельные институты, обсерватории, лаборатории. Астрономы объединены в Международный астрономический союз. Подготовка кадров по астрономическим специальностям ведется на астрономических отделениях ведущих университетов, которые иногда располагают даже не одной, а несколькими кафедрами этого профиля.

### БОГАТАЯ НАСЛЕДНИЦА

Среди важных показателей социального статуса научной дисциплины, помимо репутации и активности работающих в этой области ученых, прогнозируемых результатов, сложившейся структуры, упоминались также крупнейшие научные результаты, достигнутые в ходе ее развития. В этом отношении положение астрономии в кругу других естественнонаучных дисциплин воистину уникально.

На рубеже Средневековья и Нового времени в астрономии был установлен великий мировоззренческий факт нецентрального положения Земли. Астрономия стала катализатором общенаучной революции XVII в. Борьба Дж. Бруно, И. Кеплера, Г. Галилея за признание гелиоцентрической системы мира, в конечном счете, привела к науке нового типа. Именно астрономические обсерватории послужили ядром формирования академий — особой формы организации науки Нового времени.

Астрономия как самостоятельная научная дисциплина существовала уже в средневековых университетах; она входила в число семи «свободных искусств». Первая ступень обучения (тривиум) включала три «тривиальных» искусства ведения диспута — грамматику, риторику и диалектику, вторая (квадриум) — арифметику, геометрию, астрономию и музыку.

Астрономия возникла задолго до Средневековья. Она — единственная из естественных наук — располагала собственной божественной покровительницей — музой Уранией. В древности астрономия была первой всеобщей наукой о природе, ствол, от которого, словно молодые побеги, брали начало и механика, и физика.

Современные ученые редко отдают себе отчет о том, что именно в астрономии родились научные измерения (определение календарных дат по фазам Луны) и приборы (гномон для определения времени суток, часы). История астрономии и достигнутые ею научные результаты, запечатленные в культуре, уже достаточны для сохранения ее суверенности.

Высокое социальное значение астрономии в обществе имеет, разумеется, определенный истоки. Еще жив мифический образ чистой науки. Современное естествознание с его прагматизмом явно не соответствует такому образу. Астрономия же по-прежнему выглядит «непрактичной» и более соответствует утраченному идеалу. Распространена убежденность, что среди исследователей, далеких от мира сего, реже встречаются предвзятость и недобросовестность.

Результаты научных исследований, зачастую недоступные широкой публике, подчас вызывают опасения из-за возможного эффекта «выпущенного из бутылки джинна». Причастность физики и химии к рождению водородной бомбы отнюдь не добавляет к ним любви. Напротив, проблемы астрономии в известной мере близки каждому человеку, которому безразличен мир, где он живет. В общественном сознании астрономия, создающая мировоззренческую картину Вселенной, выглядит более гуманистичной, стоящей как бы на стыке естественнонаучного и гуманитарного знания.

Благодаря прикладному значению физики, химии, геологии в XX в. наблюдается резкий рост выпуска специалистов этих профилей. Подавляющее большинство их привлекается к важной прикладной работе, относительно небольшая часть — к фундаментальным исследованиям. Поскольку процент талантливых людей в различных сферах деятельности остается примерно одним и тем же, с увеличением абсолютного количества специалистов происходит рост числа выдающихся исследователей. В астрономии же этот важнейший для современной науки процесс серьезно нарушен.

Университеты до сих пор не готовят астрономов для прикладной деятельности, ориентируя, как и в XIX в., всех выпускников на научную работу в обсерваториях. Это, во-первых, резко снижает общее количество требуемых специалистов и, во-вторых, ведет к застою из-за отсутствия оттока не оправдавших надежд исследователей, которые вполне успешно могли бы работать в ракетно-космической промышленности, отраслевых НИИ и т. д. Из-за недостаточного числа профессионалов астрономическая тематика стала местом приложения сил физиков и математиков. Это также питает корни постоянных дискуссий о зависимости астрономии, в первую очередь, от физики.

Парадоксально, но вопрос о статусе астрономии поднимается не в связи с ее упадком, а наоборот, из-за привлекательно высокой активности в одном из ее разде-



Космические фотографии планет земной группы [Меркурий, Венера, Земля, Марс]. Может сложиться впечатление, что планеты ныне изучают скорее геологи, чем астрономы. Но именно астрономы занимаются догеологической (космогонической) стадией эволюции планет, и именно им принадлежит решающее слово в заключении о происхождении и эволюции планетных систем у различных звезд.

лов — астрофизике. Астрофизика, в особенности космология, как магнит, притягивает к себе специалистов смежных профилей, прежде всего физиков, многие из которых переключаются на престижную и перспективную астрофизическую тематику. Но астрофизика не перечеркнула прежней, тысячелетиями складывавшейся астрономической тематики, и современная астрономия отнюдь не сводится к астрофизике. Начало космической эры послужило мощным стимулом к дальнейшему развитию не физического, а математического подхода к астрономии — небесной механики, ставшей теоретическим фундаментом управления космическими аппаратами, новых методов изучения гравитационного поля и внутреннего строения Земли — космической геодезии. Возник совершенно новый раздел астрономии — геодинамика. По-прежнему широк круг актуальных проблем создания пространственно-временной координатной системы, решаемых астрономией. На стыке астрономии и наук о Земле бурно развивается сравнительная планетология.

#### ПРАВО НА САМОСТОЯТЕЛЬНОСТЬ

Видимо, первичная дифференциация научных дисциплин происходила преимущественно по объектам исследования: числа, человек, растения, Земля, небо. С развитием научных исследований форми-



рвались специализированные методы, которые приводили к выделению научных дисциплин по методическим признакам. Смешение различных принципов не позволило построить законченную схему классификации, однако никак не отменяло самих сложившихся научных дисциплин.

В первой половине XX в. физика, бесспорно, заняла место лидера и лишь теперь, может быть (это далеко не очевидно), начинает уступать его наукам о человеке. Однако методологические проблемы мучают не только астрономов, но и физиков. В 1970 г. В. Гейзенберг опубликовал статью «Конец физики?», в которой не соглашался с прорицателями грядущего конца физики, однако отмечал: «...в будущем, обсуждая очередное научное завоевание, мы, видимо, не всегда сможем без затруднения решить, идет ли здесь речь об успехе физики, теории информации или философии; внедряется ли физика в биологию или же биология все в большей мере пользуется физическими методами и ставит свои проблемы в духе физики»<sup>13</sup>. Но разве все эти перипетии могут бросить тень сомнения на статус физики?

Автор неоднократно подчеркивал, что, преследуя цель выделить ведущую, наиболее характерную черту науки, мы должны поставить во главу угла не ее изменяющееся конкретное содержание, а то обстоятельство, что наука является специализированным видом творческой деятельности<sup>14</sup>. С точки зрения характера этой деятельности, работа физика-экспериментатора совершенно не схожа с работой астронома-наблюдателя.

Спору нет: современные астрономические теории в подавляющем большинстве — по существу, теории физические. Однако не только теории, сколь бы изящны они ни были, определяют лицо научной дисциплины. В еще большей мере оно определяется сегодня своеобразием лежащего в их основе реального эмпирического материала. В этом же отношении астрономия разительно не похожа на физику. Различие в деятельности физика-экспериментатора и астронома-наблюдателя — это и есть те самые специфические «условия познания», на которые обращали внимание Наан и Казютинский.

В цитированной работе Огурцова при определении научной дисциплины сделан упор на подготовку кадров. Это верно, но недостаточно, когда речь идет о фундамен-

тальной научной дисциплине. Обсуждая статус астрономии, следует подчеркнуть, что он основывается не только на образовании, но и на всей системе культуры.

Вообразим безграничное поле научной деятельности. На нем трудится армия людей, называющие себя учеными. Каковы критерии, отличающие ученых от остальных людей? Принадлежность к научному учреждению? Наличие квалификационных документов? Признание окружающих? А может быть, достаточно самосознания? Очевидно, каждый из этих критериев в отдельности несостоятелен. Т. Д. Лысенко считал себя выдающимся ученым и был таковым по документам. Но так не считают многие другие. Напротив, К. Э. Циолковский не имел ни званий, ни положения в научном сообществе, однако принадлежал к числу наиболее ярких исследователей своего времени. Как видно, границы научного сообщества размыты и неоднозначны.

Изложенное обстоятельство порождало немало концептуальных трудностей. Дж. Бернал не видел четкого определения понятия науки и предпочитал афоризм: наука — это дело, которым занимаются ученые. Р. Фейнман возражал: а что, если ученые занимаются любовью. Однако трудность, непреодолимая на уровне общего, становится меньше на уровне частного.

Армия ученых делится на отряды, которые называют себя физиками, химиками, биологами, астрономами. Что же отличает их друг от друга? Объекты исследования? Да, они имеют серьезное значение. Методы исследования? Они важны. Условия исследования? Их тоже нельзя упускать из виду. Все это объективные факторы. Но важны и субъективные, из которых главным представляется социальное самосознание, преемственность с теми, кто прежде называли себя физиками, биологами, астрономами.

С этой точки зрения, астрономия — это те, кто считает себя принадлежащими к сообществу астрономов. Астрономия — вид научной деятельности, которым занимаются астрономы.

Задолго до рождения физики астрономия оставила следы в культурах всех народов, создала картину мира и формировала идеалы и нормы естествознания до Нового времени включительно. Астрономические знания были символом научного прогресса. И сегодня страна без астрономических учреждений не может считаться культурной и развитой. Исключение астрономии из числа самостоятельных дисциплин, низведение ее до роли раздела физики, может нанести ущерб не ей, а культуре в целом.

<sup>13</sup> Гейзенберг В. Шаги за горизонт. М., 1987. С. 206—207.

<sup>14</sup> См., напр.: Гурштейн А. А. Наука и протонаука // Природа. 1985. № 4. С. 90—99.

# Атомная энергетика в перекрестии М Н Н И И\*



**Ведущий.** Итак, мы обращаемся к проблемам собственно атомной энергетики. Начнем с вопроса, надолго ли ей хватит топливных ресурсов, если она будет развиваться теми же темпами, что и раньше? Мы знаем, что нефть рано или поздно кончится, так почему же не может исчерпаться уран?

**Я. В. Шевелев.** При комбинированном использовании обычных ядерных реакторов и реакторов на быстрых нейтронах — бридеров — с ураном проблем не будет. При таком подходе его запасы можно считать неограниченными. Без бридеров урана хватит по крайней мере на ближайшие 20 лет, тем более что сейчас намечается снижение темпов развития ядерной энергетики. Потреб-

ность в бридерах может возникнуть через несколько десятилетий<sup>1</sup>.

**Н. С. Бабаев.** А сейчас у нас с ураном проблемы скорее обратные — мы не знаем, куда его девать: закрываем шахты, переориентируем их на добычу других ископаемых. На все наши программы урана более чем достаточно.

**В. В. Алексеев.** Но ведь поставлен принципиальный вопрос. Нужны бридеры, а что такое бридер? Это реактор, в котором возникает мощный поток нейтронов с энергией по-

<sup>1</sup> О бридерах см.: Казачковский О. Д. Реакторы на быстрых нейтронах в атомной энергетике // Природа. 1980. № 2. С. 16—25; Петров Ю. В. Гибридные ядерные реакторы и мюонный катализ // Там же. 1982. № 4. С. 62—72.

**Вячеслав Викторович Алексеев**, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией возобновляемых источников энергии географического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова.

**Николай Сергеевич Бабаев**, доктор физико-математических наук, ученый секретарь Научно-технического совета Министерства атомной энергетики и промышленности СССР.

**Виктор Александрович Книжников**, доктор медицинских наук, заведующий лабораторией радиационной гигиены населения Института биофизики Министерства здравоохранения СССР.

**Георгий Алексеевич Копчинский**, кандидат технических наук, заведующий отделом атомной энергетики Бюро Совета Министров СССР по топливно-энергетическому комплексу.

**Игорь Иванович Кузьмин**, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института атомной энергии им. И. В. Курчатова.

**Александр Сергеевич Никифоров**, академик, директор Всесоюзного научно-исследовательского института неорганических материалов им. А. А. Бочваря.

**Рояльд Владимирович Орлов**, доктор технических наук, заведующий лабораторией экономических методов управления энергетикой Института энергетических исследований АН СССР и ГКНТ.

рядка 3 МэВ. Проблема сразу упирается в материалы, из которых строится такой реактор. При осуществлении управляемого термоядерного синтеза возникнут те же трудности, только в этом случае мы будем иметь дело с еще более быстрыми нейтронами — с энергией около 14 МэВ. Что произойдет с материалами при мощном облучении нейтронами? Это очень серьезный вопрос, который часто остается без внимания. От его успешного разрешения зависит само существование обсуждаемых энергетических технологий.

**А. С. Никифоров.** По поводу материалов я могу ответить. Ими занимается прежде всего наш институт как головная организация. Уже сейчас есть возможность утверждать, что существуют материалы, которые обеспечивают нормальный режим работы бридерного реактора. Я имею в виду материалы как для оболочек топливных элемен-

тов, так и для труб и т. д. Прежде всего, это различные нержавеющие стали. Я мог бы назвать их марки и характеристики, но читателям «Природы», я полагаю, такая информация ничего не скажет.

**Н. С. Бабаев.** На мой взгляд, с бридерами проблема только одна — чисто экономическая. К сожалению, стоимость электроэнергии, получаемой на бридерах, выше, чем на тепловых электростанциях. Это — действительно проблема.

**А. С. Никифоров.** И все же экономика бридеров стоит сейчас на втором месте. Действительно, капитальная составляющая затрат на бридерные реакторы велика как по сравнению с тепловыми электростанциями, так и с АЭС на тепловых нейтронах. Но сейчас вопрос заключается в отработке технологии изготовления смешанного уран-плутониевого топлива, только при использовании которого и возможно расширенное воспроизводство делящихся материалов в бридерах. В СССР такого топлива пока нет — мы будем его производить в 1991—1992 гг. Кстати, у нас скопилось большое количество плутония, полученного после переработки использованного на АЭС топлива. Мы вынуждены строить для него специальные хранилища. Пока не будет смешанного топлива для бридеров, нет смысла строить новые реакторы на быстрых нейтронах; целесообразнее построить цех для получения смешанного топлива и использовать это топливо для отработки режимов бридеров на существующих реакторах БН-350 и особенно БН-600. На основе реактора БН-600 создается, можно сказать, первый советский серийный реактор на быстрых нейтронах БН-800. Серьезных научно-технических проблем здесь нет, и хочется верить, что в 1991—1992 гг. реакторы БН-600 и БН-800 смогут работать в бридерном режиме.

**В. В. Алексеев.** Известно, что в настоящее время в бридерах в качестве охлаждающего агента в первом и во втором контурах используется жидкий натрий. В третьем контуре — вода, а натрий в сочетании с водой — это весьма неприятно. Известно также и то, что при вскипании натрия в первом контуре реактор может «пойти в разнос».

**А. С. Никифоров.** Действительно, в определенном интервале температур это может произойти, но для исключения этих явлений должны быть использованы все меры защиты.

**В. В. Алексеев.** Если третий контур вдруг разрушится, то такие условия как раз и могут возникнуть, т. е. существует серьезная проблема с безопасностью этих реакторов. Бридер может быть защищен, так сказать, точечно, всякими блоками и т. п., но нужен реактор, защищенный в целом, — типа того, который предлагают шведские ученые. В их схеме борированная вода поступает внутрь сразу всего реактора. Иными словами, защита реактора должна осуществляться за счет каких-то физических процессов. Можно ли рассчитывать на нечто аналогичное в бридерах?

**А. С. Никифоров.** Я считаю, что вопрос совершенно правомерен. Натрий является самым «узким местом» для реакторов на быстрых нейтронах. Во всех странах, в том числе и в СССР, идут разработки конструкций с другими теплоносителями. Это и реакторы с диссоциирующими газами, которые, к сожалению, пока себя не оправдали, и высокотемпературные гелиевые реакторы на быстрых нейтронах. Есть и другие подходы. Весь мир не в восторге от натрия. Мне кажется, наряду с высокой стоимостью электроэнергии, это одна из главных причин, которая сдерживает серийное производство реакторов на быстрых нейтронах. Ученые надеются найти другие вещества для теплоносителя или создать способы обеспечения безопасности при использовании натрия. Кроме того, повысить безопасность реакторов можно за счет разработки и использования новых видов топлива. У нас в институте этим тоже занимаются.

Хотелось бы сказать несколько слов о проблеме, которую многие недооценивают. Речь о том, что делать с отработанным топливом.

**Ведущий.** В публикациях «зеленых» об этом много говорится. Не могли бы Вы обрисовать в общих чертах советскую концепцию обращения с радиоактивными отходами (РАО)?

**А. С. Никифоров.** Концепция заключается прежде всего в том, чтобы иметь эти отходы в твердой слабовыщелачиваемой матрице, которая сама по себе станет первым барьером, препятствующим распространению радионуклидов в окружающую среду. Мы изучаем довольно много материалов: керамические матрицы, минералоподобные вещества и т. д. Сейчас наиболее отработано остекловывание. Жидкие отходы выпариваются, внедряются в стеклообразную

Юрий Викторович Петров, доктор физико-математических наук, заведующий сектором физики реакторов Ленинградского института ядерной физики им. Б. П. Константинова.

Николай Федорович Реймерс, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Центрального экономико-математического института АН СССР.

Юрий Михайлович Свирижев, доктор физико-математических наук, заведующий отделом математического моделирования в экологии и медицине Вычислительного центра АН СССР.

Виктор Алексеевич Сидоренко, член-корреспондент АН СССР, первый заместитель председателя Государственного комитета по надзору за безопасным ведением работ в атомной энергетике и промышленности.

Игорь Сергеевич Слесарев, доктор физико-математических наук, заместитель директора отделения ядерных реакторов Института атомной энергии им. И. В. Курчатова.

Адольф Ульянович Хараш, кандидат психологических наук, старший научный сотрудник кафедры социальной психологии факультета психологии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова.

Ясен Владимирович Шевелев, доктор технических наук, начальник отдела Института атомной энергии им. И. В. Курчатова.

Александр Ефимович Шейндлин, академик, почетный директор Института высоких температур АН СССР.

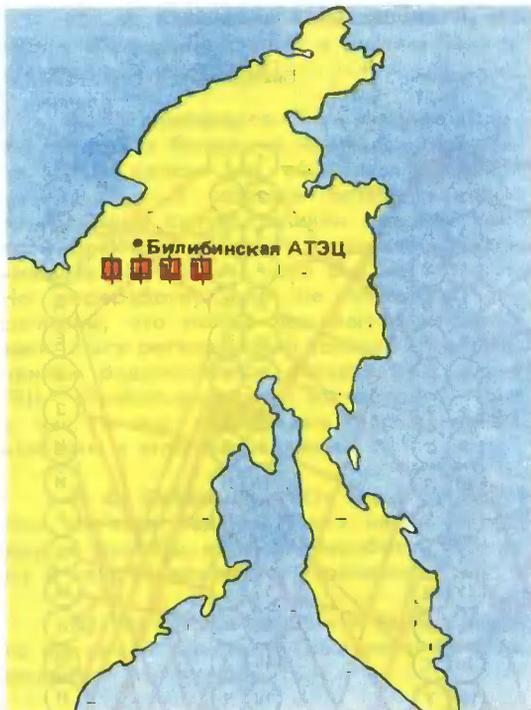
массу, которой заполняются контейнеры из нержавеющей стали, а они, в свою очередь, герметизируются и выдерживаются в специальных хранилищах с принудительным или естественным охлаждением. После всего этого контейнеры будут отправляться на вечное захоронение в емкости, сооружаемые в геологических формациях<sup>2</sup>.

**Ю. М. Свирижев.** Следовательно, аварий типа той, что произошла 30 лет назад близ Кыштыма, больше не случится?

**А. С. Никифоров.** На Южном Урале не было ядерной аварии. Там 29 сентября

<sup>2</sup> См.: Кривохатский А. С. Проблема радиоактивных отходов // Природа. 1989. № 5. С. 50—60.





1957 г. произошел химический взрыв емкости с радиоактивными отходами. Технология остекловывания РАО с точки зрения взрывобезопасности сомнений не вызывает, что подтверждается длительным зарубежным и отечественным опытом. Что касается аварии на предприятии близ Кыштыма, мне не хотелось бы останавливаться на этом, так как в журнале «Природа», насколько мне известно, готовятся материалы, подробно освещающие этот вопрос. Поэтому вернемся к нашим сегодняшним проблемам. Я повторяю, что концепция обращения со всеми радиоактивными отходами заключается в том, что РАО помещаются в матрицу со слабой выщелачиваемостью — порядка  $10^{-7}$  Ки/см<sup>2</sup> сут. Второй барьер — это геологическая формация, надежная с точки зрения тектоники, сейсмики, гидравлики. Иными словами, РАО должны быть надежно изолированы от внешней среды. Это не просто наша концепция, она принята во всем мире.

**В. А. Книжников.** Простите, то о чем Вы говорите, это скорее не концепция, а технология. Концепцию я бы сформулировал так. Для отходов нерадиоактивных (от угольных, металлургических, металлообра-

СОСТОЯНИЕ	ТИПЫ РЕАКТОРОВ*															
	На медленных нейтронах														На быстрых нейтронах	
	Корпусные							Канальные								
	Под давлением					Кипящие		Водографитовые								
	Водо-водяные				Водографитовые	Водо-водяные										
	ВВЭР-210	ВВЭР-365	ВВЭР-440	ВВЭР-1000	ГР-100	ВК-50	АСТ-500	АМБ-100	АМБ-200	ЭГП-12	РБМК-1000	РБМК-1500	БОР-60	БН-350	БН-600	БН-800
Действуют																
Строятся																
Строительство приостановлено																
Остановлены и законсервированы																

\* Число после аббревиатуры в названии каждого типа, кроме БОР-60 и БН-350, соответствует элект-

рической мощности реактора в мегаваттах. Электрическая мощность БОР-60 — 12 МВт, БН-350 — 150 МВт.

## ОПАСНОСТЬ ПРЕДПОЛАГАЕМАЯ И РЕАЛЬНАЯ

Число случаев  
с летальным исходом за год в США

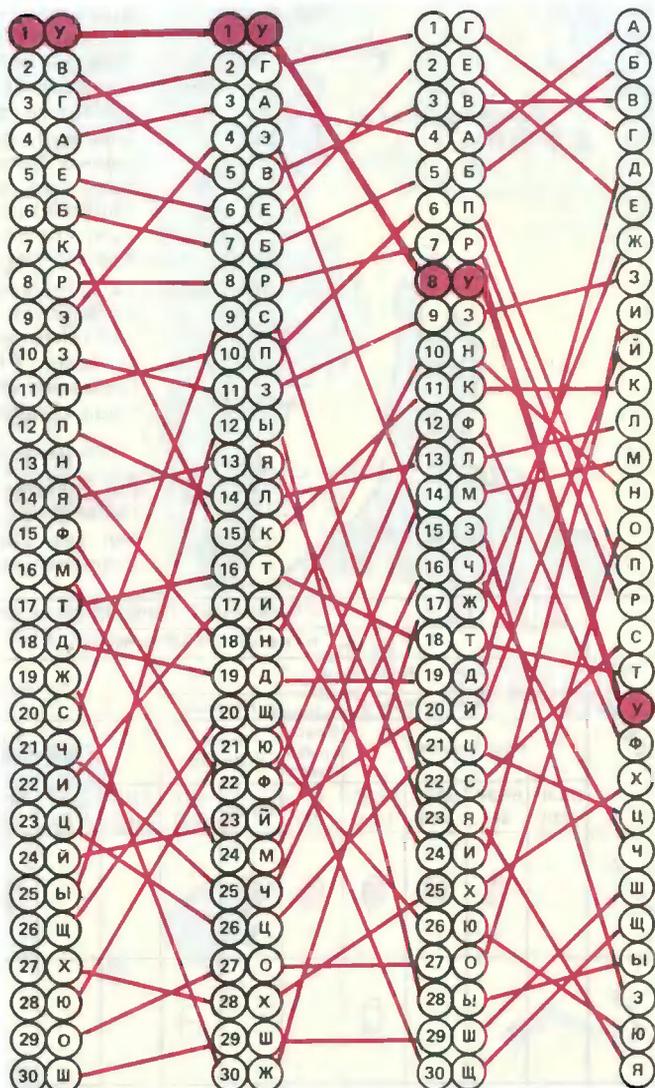
А	Курение	150 000
Б	Употребление спиртных напитков	100 000
В	Автомобили	50 000
Г	Ручное огнестрельное оружие	17 000
Д	Электричество	14 000
Е	Мотоциклы	3 000
Ж	Плавание	3 000
З	Хирургическое вмешательство	2 800
И	Рентгеновское облучение	2 300
Й	Железные дороги	1 950
К	Авиация	1 300
Л	Большая стройка	1 000
М	Велосипеды	1 000
Н	Охота	800
О	Бытовые травмы	200
П	Тушение пожаров	195
Р	Работа в полиции	160
С	Противозачаточные средства	150
Т	Гражданская авиация	130
У	Атомная энергетика	100
Ф	Альпинизм	30
Х	Сельхозтехника	24
Ц	Национальный футбол	23
Ч	Лыжи	18
Ш	Прививки	10
Щ	Пищевые красители	} менее 10
Ы	Консерванты	
Э	Пестициды	
Ю	Применение антибиотиков	
Я	Применение аэрозолей в быту	

Члены Лиги  
женщин-  
избирательниц

Студенты

Бизнесмены

Статистические  
данные



Результаты опроса трех групп граждан США, которым предложили расположить 30 различных факторов в порядке убывания их опасности для человека, и статистические данные о гибели людей от этих факторов. [По: Раднация. Дозы, эффекты, риск. М., 1988.]

батьвающих предприятий) — это рассеивание в биосфере до концентраций ниже предельно допустимых. В атомной промышленности, наоборот, производится концентрируемое и контролируемое централизо-

ванное захоронение отходов. Эта концепция сформулирована еще в 1959 г.

**Н. С. Бабаев.** Реальной концепцией это станет только тогда, когда будут приняты правовые нормы обращения с радиоактивными отходами. Законодательство СССР об атомной энергии сейчас разрабатывается.

**Ю. М. Свирижев.** Сколько же будет стоить обращение с РАО в соответствии с изложенным подходом?

**А. С. Никифоров.** Если жидкие отходы хранить в банках из нержавеющей стали, то в целом это обойдется примерно раза в 2 дороже остекловывания. Американцы сейчас решили хранить тепловыделяющие сборки в специальных хранилищах 40—50 лет, пока они не остынут. Но переработку они не отвергают — согласны, что потом все равно придется заниматься регенерацией топлива и захоронением радиоактивных отходов. Поэтому в США отрабатываются те же методы, что и у нас, и мы налаживаем определенные контакты в этом направлении.

**Н. С. Бабаев.** Тут есть одна тонкость. Они все-таки надеются, что наука найдет другие способы, кроме переработки. Поэтому и идут на длительное хранение.

**Ю. М. Свирижев.** Они и 30 лет назад то же самое говорили. Пока же ничего не нашли ни мы, ни они.

**Н. С. Бабаев.** И если не найдут, то будут перерабатывать.

**Ю. М. Свирижев.** В этом плане атомная энергетика в наиболее тяжелом положении, и сейчас об этом очень много говорят.

**Ю. В. Петров.** Александр Сергеевич, и все-таки, каковы примерно затраты на захоронение отходов и как это влияет на стоимость электроэнергии, вырабатываемой на АЭС?

**А. С. Никифоров.** Во всем ядерном топливном цикле затраты на переработку использованного топлива на заводах и включение отходов в твердые матрицы составляют около 6 %. Захоронение, по-видимому, потребует еще примерно 5—6 %. Таким образом, мы рассчитываем тратить на это 10—12 % в серийном производстве. Это оценки нашего головного института в Ленинграде.

**Ю. М. Свирижев.** У меня несколько иная информация, причем того же института: 20—30 %.

**Н. С. Бабаев.** Быть может, она относится к другому топливному циклу? Что касается ядерного топливного цикла, то и по международным оценкам на отходы отводится 10—12 %.

**В. А. Книжников.** Действительно, на других объектах затраты на борьбу с отходами достигают иногда 25—30 %. Но речь пока шла только о ядерном топливе, не о захоронении самой станции, отработавшей ресурс.

**А. С. Никифоров.** О ликвидации реакторов я сейчас ничего не могу сказать. Для этого нужен отдельный разговор с привлечением специалистов из организаций, занимающихся подобными задачами.

**Ю. М. Свирижев.** Не сомневаюсь, что сейчас атомщики активно работают и над созданием новых материалов, и над проблемой захоронения, и над повышением безопасности АЭС. И все же для меня были неожиданностью утверждения Е. П. Велихова, что уже с помощью современной технологии можно на три порядка уменьшить риск аварий на ядерных реакторах.

**И. С. Слесарев.** Цифры здесь очень простые. Для существующих станций вероятность тяжелой аварии (с радиоактивным выбросом в атмосферу) в среднем оценивается сейчас примерно в  $10^{-4}$  в год на стандартный блок мощностью 1 ГВт.

**Н. Ф. Реймерс.** А у меня, когда я считал, получалось  $10^{-3}$ . При 400 с лишним блоков в мире это уже серьезная опасность.

**И. С. Слесарев.** Мы считаем, что  $10^{-4}$ . В новых же предложениях и проектах как вполне реальная обсуждается уже вероятность  $10^{-7}$ . Вот вам те самые три порядка. Мне кажется, при современной технологии мы действительно можем обеспечить большую надежность работы реакторов. Тогда на первый план выйдет экологическая опасность в нормальных условиях работы.

**Ю. М. Свирижев.** Я согласен, что в нормальных условиях работы АЭС экологически абсолютно безопасны. Но, подчеркиваю, в нормальных условиях. Я хочу немного отвлечься от темы и напомнить, как обстояло дело с так называемой ядерной зимой. Военные просчитывали варианты и не нашли ее. Возможность ядерной зимы продемонстрировали, можно сказать, дилетанты. С АЭС произошло нечто подобное. Специалисты считали-считали вероятности аварии, а дело в конце-концов обернулось Чернобылем. Поэтому и возникло естественное недоверие к специалистам по атомной энергетике.

**А. С. Никифоров.** Мне все же хочется понять, почему Вы, Юрий Михайлович, являетесь противником атомной энергетики. Да, был Три Майл Айленд, потом Чернобыль... По Вашему мнению, аварии возможны и впредь. Опасаясь этого, Вы и выступаете против строительства новых реакторов? Если так, то мы должны более четко рассказать, что делается для создания безопасного ядерного реактора, как модифицируются реакторы, находящиеся в эксплуатации. Если мы сумеем все это обстоятельно показать, то можете ли Вы с нами согласиться? Или у Вас в принципе негативная позиция? Я пока Вас не понимаю.

**Ю. М. Свирижев.** Если коротко формулировать, то я считаю атомную энергетику экспериментальной технологией, которая и должна дорабатываться в условиях эксперимента. Именно по этой причине на нее нельзя делать ставку в энергетике.

**А. С. Никифоров.** Какой же это эксперимент при таком масштабном использовании АЭС во всем мире?

**Ю. М. Свирижев.** И все же эксперимент, который за 30 лет стал опасным для человечества. Все расчеты риска в атомной энергетике основаны на нормальном распределении некоторого события. Я попытаюсь пояснить свою мысль «на пальцах». Давайте оценим риск ядерной войны. Вероятность ее, будем надеяться, сейчас очень мала. Но на самом деле риск бесконечен. Для подобных оценок надо принимать другое распределение, которое мы назвали распределением Достоевского. При таком подходе одна человеческая жизнь — это уже бесконечность. Если при оценках взять любое распределение типа распределения Достоевского, то величина риска изменится принципиально. Тут уже говорилось о бессмысленности такой величины, как средняя температура всех больных в данной больнице. При большой дисперсии распределения средние перестают выражать что-либо. То же самое в Чернобыле. Что такое средняя загрязненность? Это число лишено всякого смысла. А председатель Госкомгидромета Ю. А. Израэль на его основе говорит, что в некоторые районы уже можно поселять людей. Но, позвольте, люди обладают свободой воли и некоторым радиусом индивидуальной активности. Передвигаясь в неоднородно загрязненной среде, они наберут свою дозу.

**В. А. Сидоренко.** Я хочу высказаться относительно опасности атомной энергетики. Физики-реакторщики практически с самого начала совершенно четко представляли себе разный характер опасностей, содержащихся в этом источнике энергии. Было ясно, что основная проблема — накопленная в реакторе активность и возможность ее выделения в аварийных ситуациях. В конечном итоге, как вы знаете, эта потенциальная опасность, к сожалению, реализовалась. Именно это стало причиной всего происходящего, иначе нам не пришлось бы собираться здесь, за «круглым столом». Я повторяю: опасность аварийного выброса радиоактивности понималась вполне четко. Вопрос в том, насколько серьезно к этому отнеслись и учитывали в практической деятельности? Насколько эффективными были противодействующие этому меры? Приходится слышать, что мы прозевали аварию на станции «Три Майл Айленд», не учли ее опыта. Это не так. Мы не прозевали эту аварию, мы на нее наплевали — организовано и централизованно. Некоторые из присутствующих помнят многочисленные высказывания, что в СССР такой аварии не может быть.

**Ведущий.** У нас в «Природе» неоднократно публиковались статьи об атомной энергетике. Вот мы и попросим сейчас их авторов прокомментировать развитие представлений о степени безопасности наших АЭС.

**И. И. Кузьмин.** Наверное, это придется сделать мне, поскольку за прошедшие 10 лет я участвовал в четырех таких публикациях. В трех из них соавтором выступал Валерий Алексеевич Легасов. И это закономерно. Статьи строились на основе того принципиально нового подхода к решению проблем промышленной безопасности, который Валерий Алексеевич выдвинул в середине 70-х годов.

В чем состоял предложенный подход? В это время под мерами безопасности понимались создание инженерных систем безопасности и разработка организационных способов предотвращения аварий. Считалось, что так можно полностью исключить какой-либо риск для населения при эксплуатации промышленных объектов, т. е. обеспечить их абсолютную безопасность. Однако Валерий Алексеевич полагал, что необходимо отказаться от философии абсолютной безопасности. Конечно, крупные промышленные объекты проектируются так, чтобы их надежность и безопасность были максимальными. Однако, несмотря на малую ве-

роятность, аварии на таких объектах все же могут происходить и приводить к тяжелым последствиям как для экономики, так и для населения. Инженерные и организационные меры, направленные на снижение вероятностей аварий на крупномасштабных объектах, после некоторого предела связаны с очень большими экономическими затратами и в конечном итоге могут оказаться неэффективными. Кроме того, снижение риска для населения не может быть обеспечено повышением безопасности только одного промышленного объекта. Это можно сделать лишь на уровне крупных промышленных регионов на пути поиска сбалансированного уменьшения риска для разных производств. Эту концепцию Валерий Алексеевич Легасов пытался внедрить в практику, однако в годы застоя, когда господствовал принцип «ведомство прикажет — наука докажет», она оказалась невостребованной. За рубежом на основе этой концепции уже переходят к практическим шагам. Безусловно, чтобы она могла стать руководством к действию, нужно было выработать количественные критерии, позволяющие определять уровень риска от эксплуатации того или иного промышленного объекта. Но чтобы измерять, необходима мера. Говоря словами Д. И. Менделеева, наука начинается там, где начинают измерять. Так вот, в 1976 г. по инициативе В. А. Легасова в нашем институте была создана лаборатория мер безопасности, которую возглавил присутствующий здесь Н. С. Бабаев. Основной задачей новой лаборатории и была разработка научного подхода к измерению риска, а не создание инженерных мер безопасности АЭС, как многие думали.

Все это и отразилось в содержании статей, написанных для «Природы». Первая из них появилась после двух лет существования лаборатории<sup>3</sup>. Если говорить языком автомобилиста, подъезжающего к перекрестку, это был «зеленый» период в нашем отношении к развитию ядерной энергетики. Нам представлялось, что на пути ее развития горит зеленый свет.

Вскоре пришел отрезвление. После аварии 1979 г. на станции «Три Майл Айленд», на пути атомной энергетики зажегся предупреждающий желтый свет. Стало ясно, что возможно повреждение активной зоны реактора с выбросом в атмосферу радиоактивных веществ. Об этом мы и написали

в «Природе», отметив, что теория безопасности АЭС является не законченной, а развивающейся дисциплиной и что надо многое сделать, чтобы превратить ее в развитую область науки<sup>4</sup>.

За год до аварии в Чернобыле была написана статья о ядерной энергетике и международной безопасности, в которой давался анализ последствий аварии с выбросом радиоактивности<sup>5</sup>. Я знаю, что после чернобыльских событий достать эту статью в Киеве и других местах было не менее трудно, чем дозиметр. Фактически это был единственный доступный для населения материал, из которого люди могли почерпнуть сведения, необходимые для оценки доз, полученных из-за аварии в Чернобыле. Вот таким образом менялись наши представления о безопасности АЭС.

С моей точки зрения, светофор на пути ядерной энергетики все еще показывает «желтый». Каким он будет в дальнейшем, полностью зависит от решения проблем безопасности АЭС.

**Ведущий.** И все-таки, что нужно делать с точки зрения изложенной Вами концепции, чтобы окончательно не зажегся «красный»?

**И. И. Кузьмин.** Прежде всего необходимо осознать, что даже на самых совершенных реакторах нового поколения все-таки будут возможны аварии, и, чтобы ущерб для населения от таких аварий был минимальным, нужно к ним готовиться. Это очень эффективный способ повышения безопасности. По этому поводу у одного нашего зарубежного коллеги есть очень образный пример. Существует довольно большая вероятность, что из зоопарка убежит тигр, который после этого может напасть на человека — примерно  $10^{-2}$  на зоопарко-год (иными словами, из одного зоопарка тигр убегает раз в сто лет). Как повысить безопасность зоопарка? Есть три способа: политический, технический и организационный.

Политический — объявить мораторий на тигров. Кто-то выступает за такой путь решения проблемы, но другие говорят: «Хотим видеть тигра».

Технический — вырвать у тигра когти и зубы. Пусть тогда убегает, все равно никого не съест. Также не годится, кричат: «Хотим ви-

<sup>4</sup> Бабаев Н. С., Кузьмин И. И., Легасов В. А., Сидоренко В. А. Проблемы безопасности на атомных электростанциях // Природа. 1980. № 6. С. 30—43.

<sup>5</sup> Легасов В. А., Кузьмин И. И., Феоктистов Л. П. Ядерная энергетика и международная безопасность // Природа. 1985. № 6. С. 6—16.

<sup>3</sup> Бабаев Н. С., Демин В. Ф., Кузьмин И. И., Степанчиков В. И. Экологические проблемы атомной энергетики // Природа. 1978. № 10. С. 3—16.

деть нормального». И не бояться, и идут смотреть, и ведут с собой своих детей.

А почему? Потому что большинство надеется на третий путь — принятие эффективных организационных мер. Все верят, что если тигр убежит, то его поймают или убьют раньше, чем он сможет добраться до человека.

В применении к АЭС это означает: должны быть приняты все меры, чтобы в случае аварии населению ничего не угрожало, чтобы у ученых и правительства были способы и средства защиты людей и чтобы общественность об этом знала. Большую роль здесь могут играть математические системы, способные прогнозировать развитие послеаварийной обстановки и оперативно обеспечивать такой информацией специальные силы по ликвидации аварий, помогая выбирать решения (например, планы эвакуации населения). Мы могли бы создать такие системы задолго до Чернобыля, но они никому не были нужны. Могли бы создать и сегодня. Но во мне все больше крепнет убеждение, что мало кто в них заинтересован и в наши дни, поскольку многие руководители пытаются утверждать, что теперь-то уж все абсолютно безопасно.

Вообще очень вредна мысль, что советский человек должен находиться в абсолютной безопасности. Мы все живем в очень опасном мире, а такой подход способствует развитию благодушия и уже погубил многие ценные начинания.

**Ю. В. Петров.** Поэтому, на мой взгляд, особенно важно разобраться в причинах чернобыльской катастрофы, которая потрясла нас всех своими трагическими последствиями, и для многих была полной неожиданностью. О Чернобыле много писали, пишут и, несомненно, еще будут писать. Поминутно разобраны действия персонала ЧАЭС, рассказано, как и кем строилась станция, официально считавшаяся чуть ли не лучшей в стране. Я же хочу поговорить о другом.

Первое. Почему мы вообще стали строить реакторы РБМК? Конечно, не для того, чтобы, как утверждали на Западе, производить плутоний. Все присутствующие здесь знают, что ставку на РБМК мы сделали потому, что наша промышленность, выпускающая корпуса реакторов, была недостаточно мощной, и было решено параллельно разработать канальный реактор. В нем давление создается не в массивном корпусе трехметрового радиуса, а в относительно тонких трубах диаметром примерно 10 см. Это позволило привлечь к решению задач

ядерной энергетике предприятия совсем другого профиля.

Второе. Конечно, авария произошла из-за того, что персонал вел себя совершенно неправильно и нарушил целый ряд положений безопасности, причем не только из-за разгильдяйства, но и просто от элементарного незнания. Как я понимаю, персоналу никто не объяснял, что нарушение этих правил может привести к таким тяжелым последствиям. Судили их правильно, но совершенно очевидно, что если несколько человек могут устроить аварию такого масштаба, то виноваты в этом не только они, но и конструкция реактора. То что она была, мягко говоря, не лишена недостатков, видно хотя бы из того, какие меры повышения надежности этих реакторов были приняты сразу же после аварии. Например, существовала принципиальная возможность до предела поднимать стержни и тем самым менять паровой коэффициент. Сейчас, после некоторой модернизации, такого простора для действий операторов уже просто нет. Так вот, совершенно ясно, что такую модернизацию нужно было сделать до аварии. А что можно сказать о таком факторе, что, опуская разом все аварийные стержни, оператор сначала вводил небольшую положительную реактивность (которая и подтолкнула реактор к аварии) и только потом — отрицательную? Ведь это равноценно такой конструкции автомобиля, когда при нажатии на тормоз он сначала ускоряется и лишь затем тормозится!

И третье. То, что в самом чернобыльском реакторе был положительный паровой коэффициент — безусловно, уже дефект физических принципов конструирования реактора, за который ответственность несут его научные руководители и разработчики. Только в реакторе РБМК были возможны ситуации, когда вскипание воды и осушение активной зоны приводили к неконтролируемому росту цепной реакции, плавлению твэлов и тепловому взрыву активной зоны. (Для всех других типов реакторов потеря теплоносителя — воды — прекращает цепную реакцию, и они останавливаются без вмешательства человека.) Как такое могло произойти? В первую очередь, из-за отсутствия независимой экспертизы проекта. Да и наша вычислительная техника была недостаточно мощной, чтобы все эти процессы моделировать. Вообще, Чернобыль — это дитя застоя.

**В. А. Сидоренко.** Все правильно.

**Ю. В. Петров.** Спрашивается, что нужно делать, чтобы подобное не повторилось? Безусловно, должна существовать независимая экспертиза и, безусловно, нужна гласность во всех этих вопросах. Та самая секретность, которая с ядерного оружия автоматически перешла на нашу ядерную энергетику, должна быть полностью ликвидирована. И это, на мой взгляд, реально осуществимые меры. Что же касается технической стороны вопроса, то, конечно, надо развивать внутренне безопасные реакторы. Как очень четко выразился один из основоположников ядерной энергетики в США А. Вайнберг, первый период, когда реакторы должны были продемонстрировать свою экономическую конкурентоспособность, кончился, начался второй, и ядерная энергетика выживет или не выживет в зависимости от того, удастся ли специалистам доказать общественности, что действительно можно создать внутренне безопасный реактор. Он же, кстати, выступил с предложением, которое сейчас начинает всерьез обсуждаться: создать в сотрудничестве с нами единый тип реактора, который работал бы и у нас, и в США, и тем самым убедить общественность в его безопасности. По-моему, это и есть правильный путь. Но вот что я хотел бы добавить. Мы с вами как профессионалы, конечно, обязаны создать реакторы, которые были бы безопасными, дешевыми и т. п., и у нас такие возможности есть. Но нельзя осчастливливать людей насильно. Таких попыток уже было предостаточно в нашем недавнем прошлом. Сам я глубоко убежден, что ядерная энергетика — наиболее перспективный способ получения энергии, но ответ на вопрос, нужна ли она народу или не нужна, должен все-таки дать сам народ. А наша задача заключается в том, чтобы показать, что она всерьез безопасна. Конечно, народ может сомневаться... Есть хороший пример — с мостом. Нельзя голосованием решить, будет стоять мост или развалится. Это может решить только инженер. Но нужен мост или нет — решать общественности, которая может, не доверяя конкретным инженерам, предложить своих независимых специалистов для контроля решений, принятых ведомственными организациями. Если мы всего этого не сделаем, протесты будут продолжаться.

**Г. А. Копчинский.** Это очень разумный современный подход. Но я хотел бы заметить, что не все 100 % наших рядов, специалистов по атомной энергетике, изменили свою психологию после Чернобыля.

Я не знаю, какую долю составляют люди с прежним мышлением, быть может, это всего несколько процентов, но они есть. До сих пор приходится сталкиваться с прежними стереотипами, изжившими себя подходами, которые сейчас так нам мешают. И хотя в конце концов разум, как говорится, побеждает, приходится много спорить, что-то доказывать друг другу. Поэтому важно, чтобы те специалисты, которые мыслят по-новому, не забывали об этом и не успокаивались раньше времени.

**И. И. Кузьмин.** Говоря о риске ядерной энергетики, я еще раз хочу подчеркнуть, что у альтернативных технологий есть свои проблемы. Для энергетики на органическом топливе это прежде всего выбросы в атмосферу углекислого газа — неизбежного продукта горения. Сейчас такая проблема стоит чрезвычайно остро. Проведены международные оценки, согласованы соответствующие модели. Уже год мы ведем исследования совместно с учеными США в рамках телеконференции «Парниковый эффект — гласность». Наши две группы исследователей соединены компьютерами и могут связаться друг с другом в любое время. На международном уровне создается сценарий — прогноз климата на 2025 г. Общий вывод таков: среднегодовая температура на Земле повысится не менее чем на 2,5°. Но прогнозировались не только средние. Оказывается, что в высоких широтах температура зимой может возрасти даже на 5°. Кроме того, в зависимости от широты резко изменится режим осадков со всеми вытекающими последствиями. В США, например, сток реки Колорадо по этому сценарию уменьшится на 10 %. Как будто злой дух обвел границы США карандашом: именно их территория подвергнется сильнейшей засухе. У нас по прогнозу будет даже несколько лучше, чем сегодня, но США могут попасть в очень тяжелое положение.

Выбросы углекислого газа невозможно предотвратить с помощью каких-либо технических устройств. В результате, в прошлом году на крупнейшей международной конференции в Торонто, где присутствовали представители правительств чуть ли не 70 стран, было предложено сократить потребление органического топлива в мире к 2005 г. на 20 % по сравнению с современным уровнем. И кто же в основном выбрасывает углекислый газ в атмосферу? В 2000 г. по 20 % будет приходиться на долю США и СССР, по 10 % — на КНР и ФРГ. Вот главные «виновники», вот кому придется искать

альтернативные решения! Министр энергетики Индии уже сейчас заявил, что те страны, которые загрязняют атмосферу, должны платить всем остальным. Поэтому вполне вероятно, что через 20 лет потребление органического топлива может быть в значительной степени ограничено и придется искать мощный источник энергии. А другого источника, кроме ядерной энергии, у нас нет.

В свете вот таких энергетических проблем и надо рассматривать степени риска. Быть может, в этих обстоятельствах даже нынешний уровень безопасности окажется для общества приемлемым. По прогнозам до 2000 г. опыт эксплуатации АЭС в СССР не превысит 700 реакторо-лет. Чтобы за это время не произошло ни одной катастрофы типа чернобыльской, вероятность аварии должна быть не более  $10^{-4}$ . Такой уровень безопасности уже достигнут, а до 2000 г. наверняка будет превзойден.

**В. А. Книжников.** Я хочу сказать кое-что о риске как медик и гигиенист, 30 лет занимающийся вопросами экологической опасности и воздействием на здоровье людей различных факторов окружающей среды, в первую очередь радиационных. В условиях, когда человечеству угрожает экологический кризис, наша задача, по-видимому, сводится к нахождению оптимальных путей использования тех экономических ресурсов, которыми мы располагаем, и улучшения экологической обстановки, потому что для решения всех экологических проблем у нас просто нет ресурсов. Например, чтобы довести концентрацию сернистого ангидрида в атмосфере наших городов до санитарной нормы, нужно 50 млрд рублей. А сернистый ангидрид — лишь одно из множества веществ, концентрация которого в атмосфере наших городов, в пищевых продуктах, водоемах намного превышает допустимые нормы. Чтобы определить оптимальную стратегию, понять, куда в первую очередь тратить деньги для оздоровления окружающей среды и улучшения здоровья человека, нужно иметь реальную, научно обоснованную оценку опасностей, которые угрожают человеку. И в связи с этим я хочу сказать, что опасности, которые ассоциируются сейчас у людей с атомной энергетикой и воздействием различных доз облучения, существенно преувеличены. Такие искаженные представления чреватые тем, что мы не выйдем на оптимальный путь защиты здоровья и окружающей среды. Попробую это аргументировать.

Известно, что до Чернобыля многие

социологические опросы, в частности студентов в США, показали, что опрашиваемые, ранжируя различного рода опасности, эффекты от которых статистикой достаточно достоверно и полно определены, ставили всегда на первое-второе места опасность от атомных электростанций. Риск утонуть, погибнуть в автомобильной катастрофе, на транспорте и т. д. оценивался гораздо ниже, хотя в действительности это не так — ущерб от АЭС занимает где-то 20-е место. После Чернобыля страх перед атомной энергетикой еще более увеличился. Отсутствуют элементарные сведения о том, что такое радиация, каковы последствия воздействий малых доз, риски от других факторов окружающей среды. Могут привести некоторые данные такого рода.

Исследованиями установлено, что в Белоруссии (этот регион сейчас оказался в фокусе внимания как наиболее пострадавший) существуют районы (например, в Гродненской и Минской областях), стабильно, на протяжении десятилетий, отличающиеся высоким уровнем смертности от рака. Напротив, Гомельскую область, пострадавшую от радиации, в этом смысле можно считать относительно благополучной. Эта повышенная смертность может быть обусловлена как антропогенными, так и природными биогеохимическими факторами. В Гродненской области много химических предприятий, широко используются пестициды, много нитратов. Что касается роли биогеохимических факторов, то, к примеру, в последние годы появились данные о том, что уровень селена в местном рационе влияет на уровень смертности от рака. Мы сейчас приняли решение (сознаюсь, по-видимому, не без давления «зеленых»), что население, которое за 70 лет может получить дозу облучения свыше 35 бэр, нужно переселять в менее опасные с радиационной точки зрения регионы. Никто, однако, не принимает в расчет, что уровень смертности, как я уже говорил, колеблется по этим регионам иногда в силу природных причин. В связи с этим я хочу поставить вопрос так: какой радиационной дозе соответствует повышение риска смертности за счет переселения, скажем, из Гомельской области в район, где радиационно чисто, но уровень смертности от рака выше в 2 раза? Оказывается, не 35, а 300—500 бэр. Таким образом, переселяя из радиационно загрязненного пункта в чистый, мы тем не менее можем многократно увеличить риск отдаленных последствий (рака и генетических изменений). У нас глаза велики от страха, когда произносятся слова «радиа-

ция», «бэр» или «рентген», и в то же время мы пока, как правило, не в состоянии оценить реально тот груз нерадиационных канцерогенов и мутагенов, которые существуют в окружающей среде.

Неправильное ранжирование риска может помешать выработке оптимальной стратегии в предупреждении действительно серьезных экологических потрясений. Я не специалист по парниковому эффекту, но отлично помню, что в прошлом году, когда было необычно жаркое лето, в Лондоне погибло на 5 тыс. человек больше, чем обычно. Это в первую очередь люди, страдающие сердечно-сосудистыми заболеваниями. Известно, что уже гибли люди от гипоксии: при определенных режимах в атмосфере пагубное влияние на сердечно-сосудистых больных может иметь даже нехватка долей процента кислорода по сравнению с нормой. Если мы и дальше будем развивать только энергетику на органическом топливе, парниковый эффект усилится, средняя температура повысится, а содержание кислорода в атмосфере снизится. Можно спорить, насколько существенно, но я еще раз хочу подчеркнуть, что для некоторых людей даже малая нехватка кислорода пагубна.

Я решительно против атомных станций, которые могут дать второй Чернобыль. Но мы реально должны себе представлять последствия и опасности Чернобыля. Из населения (я не говорю о персонале) практически никто не получил лучевую болезнь. Если верить рассчитанным дозам, то внешнее и внутреннее облучение подавляющей части населения не превысило нормативов (15,5 бэр за 3 года). Такие и даже более высокие дозы получают, например, при рентгеноскопии желудка. Каких-либо непосредственных нарушений здоровья специалисты в таких случаях никогда не регистрировали (за исключением разве что изменений в крови, которая через 2—3 недели приходит в норму). Да, я считаю, существует риск рака и риск генетических заболеваний — мы в состоянии оценить их верхнюю границу, хотя не можем указать нижнюю (может быть, это ноль). Сошлюсь на доктора Гейла, чья оценка риска рака, на мой взгляд, несколько завышена: от 4 до 35 тыс. человек за 70 лет по всему земному шару. Тем не менее даже по такой максимальной оценке это намного ниже естественного риска от спонтанного рака, вызываемого другими канцерогенными факторами окружающей среды. А ведь от этого заболевания умирает каждый пятый или шестой человек в мире.

Люди действительно сейчас болеют

на территориях, загрязненных выбросами с Чернобыльской АЭС. Но я хочу обратить внимание на то, какие болезни стали чаще регистрироваться: диабет, гипертония, ишемическая болезнь сердца, язвенная болезнь, неврологические расстройства. Это все болезни, обусловленные хроническим стрессовым состоянием. Роста заболеваний, обусловленных именно радиацией, специалисты не обнаруживают. Других заболеваний нет, да и пока не должно быть, если верить науке и учитывать полученные дозы. Я это утверждаю не потому, что мне так хочется, а основываясь на всем опыте радиобиологии. На этих же позициях стоит Международная комиссия по радиологической защите. По ее мнению, только при ежегодной дозе облучения 30—50 бэр и более у человека могут возникнуть заболевания не в отдаленном будущем, а вскоре после облучения.

**А. Е. Шейндлин.** А малые дозы? Разве есть уверенность, что они не дают никаких последствий?

**В. А. Книжников.** Я в основном и говорю про малые дозы. За рубежом, а также в Академии наук СССР многие придерживаются точки зрения, что малые дозы оказывают даже положительный эффект (так называемое явление гормезиса). Лично я эту точку зрения не разделяю и уже 30 лет борюсь за тезис, что для отдаленных последствий нет порога: любое дополнительное лучевое воздействие сопряжено с дополнительным риском. Но для лучевой болезни или других патологических соматических эффектов порог существует — это 50 бэр/год или около 75 бэр одномоментно.

Мне кажется, никто не будет возражать, что при нормальной эксплуатации АЭС не возникает последствий радиационного воздействия. Но есть проблемы другого рода, не медицинские, а экологические, в частности тепловое воздействие на окружающую среду, причем не глобального, а местного значения. Ведь выделение тепла на единицу производимой энергии на АЭС выше, чем на современных тепловых станциях. А это уже может привести к нежелательным изменениям микроклимата в районе АЭС. Энергетика сознательно идет на сокращение затрат, отдавая предпочтение строительству водоемов-охладителей, а не градирен. Именно такой неправильный, на мой взгляд, подход часто пугает население, пугает вполне законно. Микроклимат меняется к худшему, влажность воздуха суще-

ственно возрастает. Когда мы решим проблемы количественной оценки риска от разных факторов, еще не известно, что люди предпочтут. Есть основания считать, что риск заболеть раком на границе санитарно-защитной зоны угольных электростанций в 5000 раз выше, чем вблизи АЭС. Я привожу данные не по радиационной дозе вблизи ТЭС и АЭС (здесь разница в 5—40 раз), а с учетом канцерогенности золы и других компонентов выбросов угольных ТЭС.

К чему я все это говорю? Без объективных представлений, грамотного ранжирования рисков мы не придем к правильным заключениям о путях развития энергетики.

**Я. В. Шевелев.** Сравнение рисков должно быть не только правильным, но и всесторонним. Люди должны понимать и осознавать весь спектр реальных опасностей — от электростанций до собственных стен. И это не метафора. Не так давно выяснилось, что довольно высокую дозу облучения человек может получить в своей собственной квартире. Дело в том, что в закрытых помещениях может концентрироваться радон — тяжелый радиоактивный газ, просачивающийся из грунта сквозь фундамент или высвобождающийся из строительных материалов. Если мы постулируем, что человек в пораженных зонах не должен получить больше 35 бэр за 70 лет, то в разных домах Москвы эта доза может оказаться в несколько раз больше.

**В. А. Книжников.** В исключительных случаях даже в 10 раз. Но этого не знают. Считают, что ядерная энергетика приводит к каким-то кошмарным мутациям, уродствам, а того, что мутации и уродства всегда были и их количество варьируется в некоторых пределах в зависимости от места проживания, многие просто не знают. Когда же люди это узнают, мы должны им объяснить реальную опасность от ядерной энергетики и других факторов. Вот только в этих условиях они смогут решать, что им делать.

**Ведущий.** А не боитесь ли вы, что такая информация только усилит радиофобию и вызовет, к примеру, страх в связи с проживанием в каменных домах?

**В. А. Книжников.** В деревянном доме, если его плохо проветривать, тоже жить опасно, потому что радон просачивается из почвы.

**Я. В. Шевелев.** Люди знают, что они смертны и умирают от разных причин.

Им надо только четко разъяснить, какие причины более существенны, а какие менее. И вот тогда они должны выбрать ту технологию, которая позволит им жить долго. И я уверен, что они выберут ядерную энергетику. Даже если она будет связана с некоторым риском.

**Н. С. Бабаев.** Виктор Александрович говорил о проблеме радона. Вы знаете, в 1988 г. отмечен пик интереса к этой проблеме. Оказалось, что в целом ряде зданий доза, которую получает живущий там человек, превышает допустимые нормы. В США, Англии и Скандинавских странах уже проведен мониторинг почти всех помещений. И часть из них забракована, выданы критерии, которыми следует руководствоваться при строительстве новых и реставрации старых жилых помещений.

**В. А. Книжников.** Кстати, о критериях. В Англии и Скандинавских странах максимально допустимой дозой за счет радона считается 2 бэр/год (т. е. 140 бэр за 70 лет). Мы же установили, как я уже говорил, предел 35 бэр и, если доза может оказаться больше, рекомендуем отселить жителей.

К слову, сейчас обсуждается вопрос об отселении нескольких десятков деревень на Украине и в Белоруссии не потому, что ранее была недооценена радиационная опасность, а чтобы пойти навстречу желанию этих людей вернуться к традиционному образу жизни без каких-либо ограничений: с молоком от своей коровы, без необходимости контролировать чистоту грибов и ягод и т. п.

**Н. С. Бабаев.** К своему, да и вашему, Виктор Александрович, стыду, должен отметить, что у нас в стране насчитываются единицы приборов, способных измерять концентрацию радона. Поэтому ни о каком мониторинге мы пока не можем и говорить. А это проблема, которую надо решать.

**В. А. Книжников.** Мы 10 лет назад указывали на опасность радона, но физики нам не поверили. В принципе это давно уже известно и даже опубликовано у нас. Просто сейчас за рубежом уже перешли к практическим шагам, а мы, выявив повышенный уровень излучения радона, молчим, поскольку не можем ничего сделать.

**Н. С. Бабаев.** Это тоже одна из серьезных технических проблем, которую надо решить совместно медикам, физикам, цен-

тральным и местным властям. Но, к счастью, она не ставит никакого барьера перед развитием атомной энергетики.

**Ведущий.** Обсуждение концепций приемлемого риска позволит, видимо, конкретизировать требования к безопасности АЭС. В частности, хотелось бы услышать, на какие типы реакторов мы делаем ставку сегодня и завтра.

**И. С. Слесарев.** Увы, я не могу сказать, что у нас сейчас есть какая-то одна точка зрения на требования к реакторам. Сейчас, наверно, нигде нет единства по этому поводу. Конечно, безопасность, экономичность и экологическая чистота — три кита, на которых должна строиться современная энергетика. Но если экологические особенности атомной энергетики известны, ясен экономический потенциал этого вида производства энергии и понятны задачи в двух этих направлениях — скажем, повышение КПД, то в отношении безопасности сохраняется неопределенность. Дело в том, что здесь главную роль играет так называемое социальное требование. Например, оно может быть следующим: необходимо делать реакторы с таким уровнем безопасности, чтобы в ближайшие 50 лет с достоверностью 99 % во всем мире не случилось ни одного Чернобыля. Только так можно ставить вопрос, потому что ничего абсолютного сказать нельзя. Если общество устроит 1 % риска, мы гарантируем, что в доверительном интервале 99 % не будет ни одной аварии типа чернобыльской...

**Н. С. Бабаев.** Вопрос в том, какие реакторы будут строить в ближайшем будущем.

**И. С. Слесарев.** Я сейчас к этому и приду, но нельзя же просто сказать, какие. Я могу назвать аббревиатуру: АБВГД. Это будет понятно?

**Г. А. Колчинский.** Но тогда, пожалуйста, я отвечу сугубо практически. Сегодня наша программа ориентируется на реактор водяного типа мощностью 1 ГВт. Это наш основной тип реактора. Принципиальный проект энергоблока с таким реактором сегодня разработан. В ближайшее время не предполагается увеличивать единичную мощность блока. Параллельно идет работа над новым проектом, в котором будут внедрены очень многие интересные технические решения, в том числе и на основе пассивных систем, действующих не по команде оператора или автоматики, а в силу са-

мих законов физики. Это разного рода воздушные теплообменники для аварийных ситуаций (кстати, такой теплообменник применяется и для съема тепла на жидкометаллических аппаратах), различные фильтры, дожигатели водорода и т. д. Такой комплекс исследовательских и конструкторских работ, названный «Проект-92», и нацелен на создание реактора повышенной безопасности, о котором мы говорим.

**И. С. Слесарев.** Юрий Михайлович высказал сомнения по поводу радикального повышения безопасности атомных станций.

**Ю. М. Свирижев.** Повышения на три порядка.

**И. С. Слесарев.** Да, именно на три порядка. Такой быстрый прогресс может показаться странным, но он вполне реален. Дело в том, что, когда реакторы создавались, проблема безопасности в такой форме, в которой она видится сейчас, не стояла, она была значительно мягче. Главным было заставить реактор работать, а уж потом мы пытались предотвратить возможные опасности с помощью некоторых инженерных средств — к примеру, многократно дублированных систем остановки ядерных реакций, отвода тепла и других. Конечно, использовались не только инженерные средства, но основными были они.

Видимо, когда создавались эти установки, значение человеческого фактора или вероятность сбоев в действии этих систем преуменьшались. Во всяком случае, сейчас опыт эксплуатации, и в первую очередь опыт Чернобыля, показал, что инженерным средствам несколько передоверились, как передоверились и организационным способам предотвращения аварий — строгим регламентам работы, повышению дисциплины персонала и т. п. Тогда, естественно, физики стали думать, нельзя ли наделить реактор такими свойствами, чтобы он меньше реагировал на неточности обслуживания или отказы разных систем. Оказалось, что таких способов много и они даже частично использовались в первых проектах. Я говорю о самозащитности реактора, имея в виду такие его качества, свойства или системы, которые не требуют вмешательства человека, подвода энергии и т. д. Таких средств, повторяю, много, просто мы их не все использовали. И когда сейчас вопрос встал на повестку дня, появилась масса предложений, как действительно уменьшить риск эксплуатации стан-

ций на три порядка. Это не фантастика, потому что даже в рамках старых технологических есть проекты, позволяющие повысить безопасность на два — два с половиной порядка. Я могу привести примеры. (См. ниже. Прим. ред.)

**Ю. М. Свиричев.** А сколько это будет стоить?

**И. С. Слесарев.** Стоит как раз мало.

**В. А. Сидоренко.** Эти реакторы могут быть даже дешевле нынешних.

**И. С. Слесарев.** Можно решать проблему безопасности двумя путями. Первый — попытаться снизить последствия аварии — например, окружать реактор одной, двумя, десятью оболочками, делать всевозможные поддоны, куда стекало бы расплавленное топливо и т. д. Этот путь, конечно, недешев, потому что вы имеете

опасный объект и пытаетесь снизить риск от его использования с помощью внешних инженерных устройств, как правило, сложных и дорогих. Но существует и другой путь, когда физические принципы, заложенные в сам проект реактора, исключают возможность аварий, скажем так — практически исключают. Всегда можно придумать, конечно, какую-нибудь сумасшедшую ситуацию, от которой нет защиты. Но практически аварий не должно быть. Если пойти по такому пути, то сам объект перестает быть опасным.

**Ю. М. Свиричев.** Согласен, согласен.

**И. С. Слесарев.** Таких систем сколько угодно — и высокотемпературные модульные реакторы, и маленькие модульные бридеры, обладающие замечательными свойствами, и атомные станции теплоснабжения (АСТ), на которых используют пассивную циркуляцию теплоносителя, специально

## И. С. Слесарев: «Безопасные реакторы — это не фантастика»

За месяц до чернобыльской аварии, в марте 1986 г., подписчики известного научно-популярного журнала «Сайентифик Америкен» получили номер со статьей под названием «Rethinking Nuclear Power» («Переосмысление ядерной энергетик»). В ней ставилась проблема повышения безопасности АЭС и рассказывалось о новых концепциях реакторов с внутренней безопасностью, аварии на которых невозможны даже при ошибках операторов. Русскоязычный вариант журнала («В мире науки»), напротив, пришел к читателю через месяц после Чернобыля, в мае, а статья в нем почему-то носила название «Проблемы ядерной энергетик в США».

Символическими или случайными нужно считать эти красноречивые различия? Как повлияли чернобыльские события на наше отношение к проблеме безопасности АЭС — помогли достичь того понимания, какое было у зарубежных специалистов в марте 86-го, или заставили продвинуться дальше? После дискуссии И. С. Слесарев ответил редакции на такие вопросы конкретно, на уровне технических решений и схем. Поскольку сообщенная им информация имеет непосредственное отношение к теме «круглого стола», мы решили ознакомиться с ней читателей.

Упрекать всех физиков в недооценке проблемы было бы не вполне справедливо — ее остроту многие понимали задолго до Чернобыля. Другое дело, что ни общественность, успокоенная постоянными заверениями в безопасности атомной техники, ни руководящие органы не придавали ей должного значения. И когда трагедия на Украине сделала вопросы надежности АЭС предметом всеобщего интереса, выяснилось, что у нас уже были достаточно проработанные концепции реакторов повышенной безопасности — как совпадающие в главных чертах с теми,

что обсуждаются на Западе, так и вполне оригинальные.

Сейчас обозначились три главных пути повышения безопасности атомной энергетик. Первый, традиционный, основан на том, что риск использования современного реактора можно снизить до любого заданного уровня, оснащая его активными средствами безопасности. Это внешние технические устройства, позволяющие, во-первых, тщательно следить за процессами в реакторе и состоянием оборудования, во-вторых, ликвидировать или предотвращать опасные отклонения от проектного режима работы и, в-

третьих, уменьшить до допустимых последствия аварии, если она все же произошла. Основное преимущество этого пути — использование существующей технологической базы реакторостроения и всего ядерного топливного цикла. Однако нужно помнить, что усложнение и дублирование устройств защиты снижает надежность системы как целого, уменьшает ее устойчивость к сознательно вводимым помехам (в частности, к актам терроризма или саботажа), а главное, резко усложняет строительство, наладку и эксплуатацию блоков.

Второй путь — создание

подобранные эффекты реактивности и многое другое.

**Ведущий.** Какими бы совершенными ни были системы защиты реактора, без персонала блок работать не может. Поэтому хотелось бы коснуться этой темы и обратиться в первую очередь к Георгию Алексеевичу Копчинскому, который много работал на атомных станциях, в том числе на Чернобыльской АЭС. Как Вы считаете, насколько быстро в нашем обществе, при нашем уровне технической культуры можно достичь такого уровня подготовки персонала, чтобы мы могли быть спокойны?

**Г. А. Копчинский.** Я хорошо знаю людей, которые в трагическую ночь на 26 апреля были на блоке, вели работы. Знаю их деловые, профессиональные качества. И действительно не могу понять, как они допустили ряд тех нарушений, которые имели место. Я, правда, не совсем согласен с официаль-

ной точкой зрения на то, что и как там было сделано — в частности, по поводу отключения некоторых защит — но, думаю, это неважно. Так вот, зная коллектив Чернобыльской станции, могу утверждать, что это был один из лучших в профессиональном плане коллективов. И почему так произошло, сегодня я ответить не могу. В середине 70-х годов были сделаны любопытные оценки. Я вспоминаю построенную тогда кривую изменения частоты разного рода инцидентов на блоках, критических сборках, других наших объектах. Эта кривая имела явно не монотонный вид. В начальный период было много отказов и нарушений инструкций, правил. Это естественно — люди набирались опыта. Затем следовало резкое снижение, спокойная уверенная работа. Через какой-то период времени снова начался рост. Успокоение, привыкание — может быть, этим можно объяснить? Я в психологии непрофессионал, мне трудно делать окончательные выводы.

реакторов с внутренне присущей безопасностью. Низкая вероятность аварии на них гарантируется не дополнительными блоками или устройствами, а собственными, не отделяемыми от самого объекта «средствами защиты» — особыми свойствами топлива, теплоносителей, материалов и всей конструкции реактора в целом. Такие свойства должны обеспечивать саморегулирование интенсивности цепной реакции при любых изменениях в активной зоне, безопасный отвод выделяющегося тепла и локализацию отказов, т. е. нераспространение аварии с одного подсистем на другие. Поскольку эти средства защиты не требуют подвода энергии или тем более управления извне, их называют пассивными. Пассивные средства всегда готовы к работе и не могут быть выведены из строя. Оснащенный ими реактор можно считать самозащищенным.

Еще более радикален третий путь — достижение асимптотической (предельной) безопасности ядерного реактора. Его суть не в создании средств защиты, пусть даже абсолютно

надежных и автономных, а в исключении самих потенциальных опасностей ядерного реактора. Таких опасностей много: избыточное (надкритическое) содержание топлива в активной зоне, радиоактивность и остаточное тепловыделение осколков, запасенная в конструкции энергия неядерного происхождения — повышенное давление газа или пара, химическая активность таких веществ, как натрий, цирконий, графит, водород. Большинство из этих опасностей на первый взгляд кажется неразрывно связанным с самой работой реактора, однако анализ показывает, что при серьезном изменении конструкции от них можно избавиться.

Пока трудно сделать выбор между тремя путями. Первый достаточно ясен и привычен, но он неизбежно приводит к удорожанию ядерных блоков. Второй путь, как ни парадоксально, позволяет снизить риск аварии, одновременно уменьшая стоимость реакторов за счет упрощения их конструкции и отказа от сложных иерархических систем контроля, а третий путь привлекает абсолютным

приоритетом вопросов безопасности. Но для их реализации необходимы серьезные исследования, требующие не только материальных затрат, но и времени. Поэтому сейчас наиболее разумным кажется взвешенное сочетание всех трех подходов. Вот несколько примеров такого сочетания.

В последнее время большое внимание привлекают высокотемпературные гелиевые реакторы. Температура теплоносителя (гелия) в них может достигать 900 °С, поскольку в конструкции используются термостойкие материалы, и благодаря этому КПД таких реакторов заметно выше, чем у существующих. Вот как, например, выглядит модульный вариант высокотемпературного реактора (модульными называют небольшие реакторы с электрической мощностью 100—300 МВт). Активную зону образует корзина (1) с шаровыми тепловыделяющими элементами (ТВЭлами). Каждый ТВЭЛ (2) имеет диаметр несколько сантиметров и состоит из пористого графита, в который включены мельчайшие частицы ядерного топлива; сна-

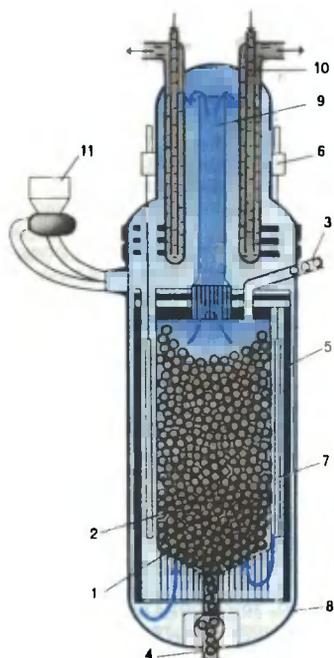
**В. А. Сидоренко.** Чисто психологически это примерно то же, что бывает у альпинистов, — они погибают в основном на спуске. И, как правило, самые опытные.

**Г. А. Копчинский.** В связи с этим возникает, на мой взгляд, нелегкая задача: как избежать такого опасного успокоения? В принципе, методы есть, они применяются и у нас. Это специальный психологический подбор, тесты, тренировки и т. д. Надо только уделять этому больше внимания.

Если же оставить в стороне психологию и говорить о чисто профессиональных качествах, в общем-то, здесь все ясно и понятно. Американцы после аварии на станции «Три Майл Айленд» чрезвычайно интенсивно стали создавать полномасштабные тренажеры, благо у них такие возможности были. Мы же упустили этот момент и до Чернобыля серьезно тренажерами не занимались. К тому же сказывается наше отставание в области вычислительной техники. У нас два

тренировочных центра созданы, но, строго говоря, такие темпы не соответствуют потребностям дня. Проблема существует, и о ней нужно откровенно говорить. Но я бы еще хотел сказать, что сложные технологические системы, которые приходят в нашу жизнь сегодня, требуют определенной культуры взаимоотношений на всех стадиях разработки, строительства, эксплуатации. В таком плане нам предстоит еще немало сделать прежде всего для серьезного повышения качества оборудования, потому что приходится очень много средств тратить на устранение дефектов, доводку, наладку. Это также не может не сказываться на безопасности.

И еще одна проблема. В конце 1978 г. серьезный пожар был на Белоярской АЭС, в 1982 г. — на Армянской АЭС. Почему мы оказались в такой сложной ситуации? Хотя бы потому, что не использовали огнестойкие композиции, кабели и т. д., необходимость которых была очевидна всем остальным. Мы были убеждены, что можем за-



ружи он покрыт герметичной оболочкой из пиролитического графита. Свежие твэлы поступают в активную зону через каналы загрузки (3), отработавшие удаляются через узел выгрузки (4). Корзина окружена графитовым отражателем (5), в зазоре между ними под действием приводов (6) перемещаются управляющие стержни-поглотители (7). Корпус реактора (8) заполнен сжатым гелием (показан цветом; здесь и далее более интенсивная окраска соответствует более высокой температуре). Поднимаясь между твэлами, гелий нагревается, проходит сквозь длинный тяговый участок вертикального канала (9) и опускается вниз, передавая тепло секциям парогенератора (10). В рабочем режиме циркуляцию обеспечивает газодувка (11), однако геометрия корпуса такова, что в случае аварии естественной конвекции газа достаточно, чтобы предотвратить перегрев твэлов.

В этом проекте хорошо видна идеология второго пути обеспечения безопасности. Прежде всего, реактор физически защищен от разгона: геомет-

рия активной зоны и состав твэлов подобраны так, что при повышении температуры коэффициент размножения нейтронов падает, да и надкритичность благодаря постоянной перегрузке топлива можно сохранять небольшой. Помимо этого, шаровые твэлы обладают очень высокой теплоемкостью, а диспергированное состояние топлива гарантирует малость градиентов температуры. По этим двум причинам повреждение твэлов даже при полном отсутствии охлаждения практически исключено. К тому же малые размеры реактора и большое отношение его высоты к диаметру дают возможность отвести выделяющееся в реакторе тепло благодаря естественному потоку воздуха вокруг его корпуса.

Однако и такой реактор, конечно, не лишен недостатков. Потенциальная опасность его конструкции — высокое давление гелия в корпусе. Пойдя по третьему пути, можно избавиться и от этой угрозы, достаточно заменить гелий надежным жидким теплоносителем — в частности, расплавами солей типа NaCl, NaF или LiF, которые

Модульный высокотемпературный гелиевый реактор.

страховаться от пожара, скажем, дополнительным лафетным стволом противопожарной системы. Это тоже пример того, как до Чернобыля не всегда разумно решались вопросы безопасности. Правда, я должен сказать, что после 1980 г. мы стали уделять больше внимания этим вопросам, но, опять-таки, нас все время «держали за руки» ограниченные возможности промышленности по выпуску тех же огнестойких мастик или кабелей.

**В. А. Сидоренко.** Здесь есть и объективные факторы. Нельзя говорить, что только мы не дорабатываем — к сожалению, наш уровень промышленности до сих пор не позволяет заменить горючие материалы негорючими.

**Г. А. Копчинский.** Но, Виктор Алексеевич, сегодня мы заменили кабели на негорючие в радиационно опасных местах, реакторном отделении, системах безопасности.

**В. А. Сидоренко.** Но ведь Белоярская АЭС горела со стороны турбинного зала.

**Г. А. Копчинский.** Да, и поэтому теперь имеет смысл думать о негорючих маслах и прочих материалах в системах смазки и регулирования. Вот, например, мы придумали одно из лучших в мире огнестойких масел — ОМТИ. С каким трудом шло его внедрение! Почему? Потому что для этого необходимо было развить соответствующие мощности Минудобрений, Минхимпрома и других ведомств. Все это наталкивается на серьезное противодействие нашей промышленности. А ведь масло действительно одно из лучших.

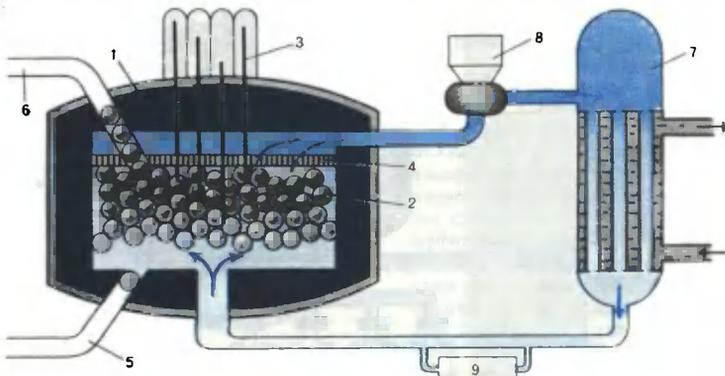
**В. А. Сидоренко.** Почти 20 лет назад, в начале 70-х годов, когда атомная энергетика уже активно развивалась во всем мире, глобальные социально-экономические последствия аварий на АЭС были трезво проанализированы физиками-атомщиками. Я вспоминаю анализ профессора Фармера из

кипят при очень высокой температуре (~1600 °С). В этом случае мы приходим к идее расплаво-солевого реактора. Его активная зона представляет собой окруженный отражателем (1) объем, в котором находятся твэлы (2) и циркулирует расплав соли (показан цветом); сверху в активную зону вводятся управляющие стержни (3). Твэлы легче расплава, поэтому они всплывают вверх, до удерживающей их перфорированной плиты (4). Этим объясняется и то, что канал загрузки твэлов (5) находится внизу, а канал выгрузки (6) — сверху. Расплав движется через активную зону и теплообменник (7) под действием насоса (8), но, как и в гелиевом реакторе, естественной конвекции достаточно, чтобы отводить тепло от твэлов в аварийной ситуации. В конструкции предусмотрена и система очистки теплоносителя (9).

Сделав еще несколько шагов по третьему пути, попробуем повысить безопасность и этого реактора. Во-первых, хорошо бы избавиться даже от небольшой надкритичности в активной зоне и накапливающихся

там радиоактивных осколков. Во-вторых, графит твэлов все же является горючим материалом — нельзя ли от него отказаться? Проблему решает объединение топлива и теплоносителя в одной жидкости — расплаве смеси солей типа  $\text{LiF}$ ,  $\text{BeF}_2$  и  $\text{UF}_4$ . Эту смесь предложено использовать в жидкосолевоом реакторе предельной безопасности. В таком реакторе осуществляется непрерывная замена топлива, которое прямо на месте можно очищать от осколков деления

и подпитывать делящимися изотопами, поэтому в активной зоне нет ни лишнего запаса делящихся материалов, ни накопленных радионуклидов. Активная зона (1) — это просто бак такой формы и размеров, что в нем возможна самоподдерживающаяся цепная реакция (во всех других частях реактора количество топлива много меньше критического). Топливо в расплаве солей (показано насыщенным цветом) движется по первому контуру под действием насоса (2). В промежуточном тепло-



Расплаво-солевого реактора с шаровыми твэлами.

Великобритании. Оценивались возможные последствия аварий чернобыльского масштаба, с примерно такими же выбросами радиоактивности. Поскольку выброс оценивается по запасу радионуклидов, который имеется в активной зоне, он оказался по порядку величины таким же, как в Чернобыле, — уже не имеет значения, это 3 % или 10 %, величины сопоставимы с полным содержанием активности в реакторе. И Фармер совершенно четко сформулировал, что если такая авария произойдет, судьба атомной энергетики будет зависеть от того, когда это случится. Хочу подчеркнуть, что к этому анализу подходили по принципу социального риска, т. е. оценивая влияние событий на экономику, образ жизни населения и на все другие факторы, которые относят к социальным. Если атомная энергетика к моменту аварии уже успеет завоевать прочное место в энергобалансе, у человечества не будет иного выхода, кроме как отряхнуть радиоактивную пыль с пиджака и искать средства для предот-

вращения таких потрясений в дальнейшем. Если же авария произойдет раньше, то она однозначно приведет к закрытию атомной энергетики как научного и технического направления. Утверждалось, что критическим временем может стать начало 80-х годов. Но поскольку эти расчеты основывались на тогдашних оптимистических прогнозах темпов развития атомной энергетики, критический момент несколько отодвинулся...

**Ю. В. Петров.** И совпал с чернобыльской катастрофой?

**В. А. Сидоренко.** Да, профессор Фармер угадал почти точно, и из-за того, что авария произошла вблизи критического момента, пока неясно, переживем мы это потрясение или нет. Одни уже пережили, другие уже не пережили.

Повторяю, все это было предсказано, и я хочу обратить внимание на то, что во

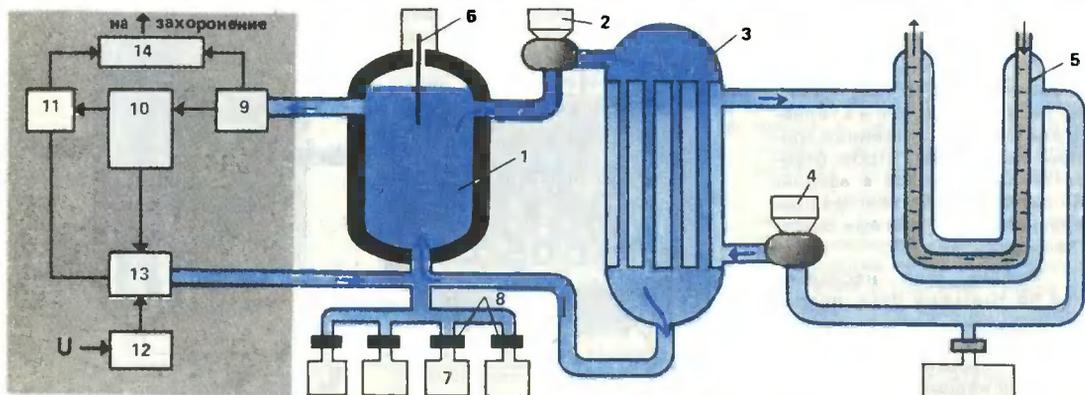
обменнике (3) оно нагревает теплоноситель второго контура, тоже расплав солей, но не содержащих урана (показан ненасыщенным цветом), а теплоноситель, в свою очередь, прокачивается насосом (4) через парогенератор (5). Управляют цепной реакцией с помощью стержней (6). В аварийных случаях топливо сливается из активной зоны в расположенные под ней небольшие (подкритические) дренажные баки (7), отвод тепла от которых обеспечивается естественной конвекцией.

Сливные клапаны (8), по сути, представляют собой замороженные пробки — при повышении температуры топлива выше предельного значения или аварийном обесточивании охлаждающих агрегатов они неминуемо открываются.

Самая важная и, увы, наименее разработанная часть схемы — система регенерации топлива (выделена серым). Она состоит из сепаратора летучих и газообразных продуктов деления (9), участка извлечения урана (10), экстрактора осколков деле-

ния (11), узла подпитки ураном (12), участка растворения урана в очищенной солевой смеси (13) и участка упаковки радиоактивных отходов (14). Особенность жидкосолевого реактора в том, что риск его использования определяется не столько процессами в активной зоне или тракте теплоносителя, сколько надежностью и безопасностью системы регенерации топлива. Обсуждение этих вопросов требует отдельного разговора.

Каждый из трех подходов



Жидкосолевой реактор предельной безопасности.

всем мире к этой проблеме относились весьма серьезно, весь мир пытался предотвратить такое событие. Кроме нас. И не по вине физиков или конструкторов, а по вине нашей экономической системы и системы управления нашим хозяйством, в том числе и атомной промышленностью. Я глубоко убежден, что причиной чернобыльской аварии оказалась та форма жизни, в которой мы пребывали, а уже все конкретные технические и организационные дефекты явились ее неизбежным следствием. И потому, рассуждая о дальнейшей судьбе атомной энергетики, нужно категорически отрезать прошлое от будущего, категорически. Я не знаю, поймут «зеленые» или не поймут, но мы-то сами должны это вслух говорить — невозможно доказать безопасность атомной энергетики, если постоянно возвращаться в спорах к Чернобылю как к мерке. Потому и заявления типа «Чернобыль не повторится» звучат неубедительно. А я говорю более резко: доказывая возможность развития

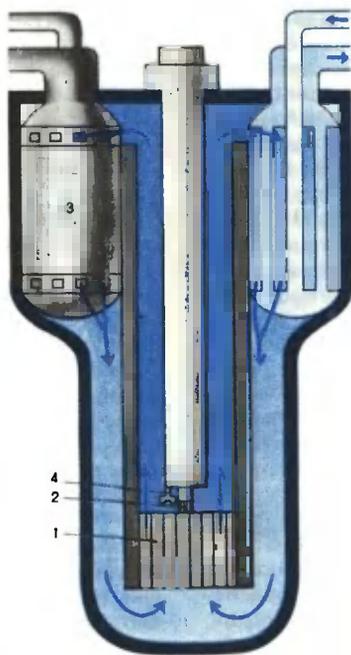
атомной энергетики, мы должны прошлое от будущего отрезать. Иными словами, в атомной энергетике мы начали новую жизнь и только это дает нам право рекомендовать обществу АЭС (со всеми мерами безопасности, о которых мы говорили).

А чтобы нам поверили, нужно сделать следующее. Во-первых, объяснить, чем эта новая жизнь отличается от старой. Во-вторых, объясняя отличия на словах, быть уверенными, что мы обеспечим их на деле. Это очень серьезный момент. А в-третьих, необходима гласность, которая будет и рычагом осуществления перемен (без гласности вы сами позволите себе что-то недоделать), и гарантией необратимости этого процесса.

**И. И. Кузьмин.** На мой взгляд, все-таки нужно следовать Бернарду Шоу, который сказал: глядя в прошлое, обнажите голову, но глядя в будущее, засучите рукава. Так что особенно ругать прошлое тоже не стоит.

можно использовать и для повышения безопасности реакторов на быстрых нейтронах. Скажем, в модульном жидкометаллическом реакторе используется традиционный теплоноситель — жидкий натрий, но опасная склонность к саморазгону при вскипании натрия исчезает благодаря малым размерам активной зоны и сравнительно высокой утечке нейтронов через ее поверхность. В этот реактор может загружаться топливо на основе сплава металлов U, Zr и Pu, композиции  $PuO_2-UO_2-U$  и др. Активная зона (1) состоит из цилиндрических твэлов, управление реакцией ведется с помощью обычных поглощающих стержней (2). Удлиненная вертикальная компоновка обеспечивает циркуляцию натрия (показан цветом) через активную зону и теплообменники второго контура (3) за счет естественной конвекции, а также достаточно интенсивное охлаждение реактора внешним потоком воздуха.

Отличительная черта реакторов на быстрых нейтронах — воспроизводство топлива в активной зоне, и потому для извлечения и загрузки твэлов в



**Модульный жидкометаллический реактор.**

конструкции предусмотрено специальное перегрузочное устройство (4). В частности, коэффициент воспроизводства может быть таким, что вместо каждого расколовшегося ядра возникает одно новое ядро делящегося изотопа. В этом случае в активной зоне не будет надкритического количества топлива. Если же пойти по третьему пути, можно заменить химически активный натрий негорючими свинцом или висмутом и, несколько проиграв в теплофизических характеристиках, сделать реактор не просто самозащищенным, а практически предельно безопасным.

Возвращаясь к статье в журнале «Сайентифик Америкен», нужно отметить, что разработка проектов реакторов повышенной безопасности в последнее время ведется советскими специалистами вместе с зарубежными коллегами. Это не только экономит время и средства, но и помогает возродить общественное доверие к атомной энергетике, которая еще далеко не полностью реализовала свой научно-технический потенциал.

**В. А. Сидоренко.** Конечно нет, оно дало нам весь опыт. Но я все же хочу повторить, что мы должны прошлое отрезать — тех непродуманных технических решений, опасных нарушений и ошибок, которые мы сделали, мы не имеем права повторять.

**Г. А. Колчинский.** Мне кажется, что если мы сегодня совершим ошибку (я не берусь сказать, какую именно) при выборе правильной энергетической стратегии, это очень сильно «аукнется» для нашего общества на уровне 2015—2020 гг. Поэтому, когда мы ведем дискуссии, нужно представлять перспективу очень четко, со всеми сложностями. И обязательно учитывать чрезвычайную инерционность энергетики. Если сегодня мы промедлим в развитии того или иного направления, потом можем не успеть исправить эту ошибку. И мне представляется, что нам бы не стоило, во-первых, противопоставлять разные источники энергии, а во-вторых, закрывать глаза на очевидные преимущества атомной энергетики. Наша задача — как-то объяснить это людям, что, на мой взгляд, мы пока делаем плохо и неубедительно.

**А. С. Никифоров.** Да, наверное, мы плохо пропагандируем ядерную энергетику. Мне пришлось недавно быть в Швейцарии. нас пригласили посмотреть один реактор. Был выходной день, суббота или воскресенье, станцию посещали целые делегации. При станции существует информационный центр, и посетителям, ничего не скрывая, рассказывают и показывают все до мелочей. Вероятно, мы должны пойти по этому же пути и вести дискуссии с «зелеными» уже конкретно — о показателях работы станций, методах и устройствах, обеспечивающих их безопасность. Тогда люди сами смогут убедиться, что такое атомная станция. Вот в этом мы, по-моему, сильно отстаем.

**В. А. Сидоренко.** Нужно еще учитывать, что атомная энергетика — это та сложная технология, в которой культура обязательна и которая поэтому несет культуру в другие, смежные отрасли. Конкретный пример: требования к уровню качества в атомной и в обычной энергетике принципиально различны. Надежность оборудования и основных элементов атомных электростанций обеспечена всей технологической инфраструктурой. Без этого мы бы сами не решились развивать атомную энергетику ни 30 лет назад, ни сегодня. Поэтому она является той иголкой, за которой тянется ниточка высокой

культуры по меньшей мере во всех отраслях энергетики.

**Р. В. Орлов.** Но из этих же соображений об обязательности культуры в атомной энергетике «зеленые» делают прямо противоположный вывод. Они говорят, и на мой взгляд обоснованно, что пока мы не достигли соответствующей культуры производства и управления, развивать атомную энергетику преждевременно.

**Ю. В. Петров.** Вопрос законный.

**В. А. Сидоренко.** Правильно, это и меня мучает — созрела ли наша страна при своем уровне технической культуры для атомной энергетики? Не праздный вопрос, совершенно не праздный. Но поскольку мы на этот путь встали, то должны, наверное, форсировать все свои возможности — и человеческие, и экономические, чтобы совершить прорыв в атомной энергетике, а не отказаться от нее. Это моя точка зрения.

**Я. В. Шевелев.** Я начну с того, чем кончил Виктор Алексеевич, и не соглашусь с ним. Американцы, когда разрабатывают какую-нибудь космическую технологию или СОИ, заявляют: мы вкладываем сотни миллиардов, но мы их потом окупим — окупим за счет того, что разовьется высокая технологическая культура, которая потом автоматически распространится на всю сферу производства. У нас же этого никогда не получается по известной причине: не тот хозяйственный механизм. Конечно, мы можем хотеть, чтобы из ядерной энергетики высокая культура распространилась на все народное хозяйство, но этого не получится до тех пор, пока сохраняется старый хозяйственный механизм. По той же причине у нас не будет энергосбережения. Опять-таки, мы можем запланировать энергосбережение, но мы его не осуществим. На что способна административная система? Она способна принять и в какой-то мере реализовать лишь планы экстенсивного развития. Вот построить что-то — пожалуйста. Но улучшать технологии такая система не способна в принципе. Поэтому никакого энергосбережения, кроме того, которое может быть осуществлено за счет уменьшения производства металла, в ближайшие годы не будет. И лицензии не помогут. Ну с какой стати будут покупать наши директора хорошую технологию? Их вполне устраивает плохая.

**Р. В. Орлов.** Все это с оговоркой: если сохранится старый хозяйственный механизм.

**Я. В. Шевелев.** Даже если мы сегодня, сию минуту, введем в действие новый хозяйственный механизм, мы еще должны перевоспитать людей. Почему у нас ненадежен персонал ядерных электростанций? Да у нас не только этот персонал ненадежен, у нас ненадежны все люди, и мы, ученые, и конструкторы — во всем народном хозяйстве, по всей стране сидят ненадежные люди. Почему? Опять же, благодаря тому негодному хозяйственному механизму, который не требует от нас дисциплинированности. Когда нас с вами заставляет работать вышестоящий чиновник, который сам отчитывается галочками, никакой хорошей работы не будет. Хорошо работать заставляет только контроль со стороны заинтересованного потребителя, который контролирует по существу, а не для галочки. Если я работаю плохо, то он мой труд не примет и ничего мне не заплатит — купит у другого. До тех пор, пока у нас этого контроля не будет, не будет у нас и надежных людей.

Вот почему я считаю: пока нет достаточных оснований, чтобы решить, надо нам в предстоящее десятилетие строить новые ядерные реакторы или не надо. Проекта пока нет. Если будет доказано, что этот проект обеспечивает удорожание станции не более чем на 20—30 % и при этом гарантирует вероятность аварии типа чернобыльской не более  $10^{-4}$  за год, то тогда, с моей точки зрения, его следует принимать. То есть что значит «следует принимать» — тогда надо объяснять общественности, что он хорош. Но сумеем ли мы объяснить это общественности — большой вопрос. Если не сумеем, общественность проиграет — вредным влиянием других энергетических технологий будут загублены многие жизни. Что касается начала следующего века, то, на мой взгляд, достаточно было бы иметь установки с вероятностью аварий  $10^{-5}$  за год, а примерно к 2030 г., может быть, снизить ее еще на порядок. В то, что мы сейчас можем сделать реакторы с вероятностью аварии  $10^{-7}$  за год, я не верю.

**И. И. Кузьмин.** Мы, Советский Союз, или вообще все?

**Я. В. Шевелев.** Конечно, мы, Советский Союз. С нашими ненадежными людьми, с нашим уровнем технической культуры. Ведь новое поколение, воспитанное в условиях нового хозяйственного механизма, появится только в начале века. Поэтому я еще не знаю, можно ли развивать ядерную энергетику в нашей стране. Я должен посмотреть на проект, я должен увидеть резуль-

таты расчетов, сделанных не для тех людей, которые работают в США и допускают одну ошибку на тысячу регламентированных операций, а для тех, которые сознательно нарушают инструкцию. И если в этих условиях удастся доказать, что вероятность аварии будет не больше названной, значит, надо убеждать население, что ядерную энергетику нужно развивать.

**В. А. Сидоренко.** Ясен Владимирович, вы считаете социально приемлемым риск  $10^{-4}$  за год?

**Я. В. Шевелев.** Да. Это социально приемлемый, экономически приемлемый и приемлемый с точки зрения опасности переселения людей риск.

**Р. В. Орлов.** Общественность в этом не убедить.

**Я. В. Шевелев.** Я говорю, что в этом случае готов убеждать общественность, но общественность со мной может не согласиться. Сильно подозреваю, что она не согласится, но я буду уверен, что такой риск допустим<sup>6</sup>.

**Г. А. Копчинский.** Я думаю, что допустимая степень риска — это предмет для обсуждения на специальном научном семинаре достаточно высокого уровня, а не за сегодняшним «круглым столом».

**В. А. Книжников.** В связи с разговором о мнении общественности и о том, можно ли принимать правильные решения без оглядки на него, хочу напомнить, что в России были картофельные бунты. Ведь крестьяне возражали против картофеля! А сколько тысяч или даже миллионов из них картофель спас от голодной смерти? Поэтому, действительно, надо разъяснять, хоть на данном этапе это и непопулярно. Однако в принятии решений, наверное, главную роль должны играть специалисты, а не «зеленые» или кто-либо еще. Надо учитывать их мнение, надо доказывать, разъяснять, но...

**И. И. Кузьмин.** Специалисты не должны принимать решения! Они должны только давать информацию.

**В. А. Книжников.** Рекомендации. Не информацию, а рекомендации.

<sup>6</sup> Я. В. Шевелев выполнил свое обещание и опубликовал статью «Жизнь с риском для жизни», в которой доказывает приемлемость риска тяжелой аварии на АЭС на уровне  $10^{-4}$  в год. См.: Энергия. 1989. № 4. С. 8—12.

**И. И. Кузьмин.** Решать принципиальные вопросы, затрагивающие интересы широкой общественности, должны не специалисты, а руководители, менеджеры, которые занимаются этим.

**Р. В. Орлов.** Если уж быть точным, то народные депутаты.

**А. У. Хараш.** В Швейцарии под Базелем построили станцию, которую так и не ввели в строй. После того, как путем плебисцита было выявлено отношение населения к ней, она демонтируется по решению парламента Швейцарии.

**Ю. М. Свирижев.** В Австрии то же самое. Да и в США с 1979 г. не выдано ни одной лицензии на строительство АЭС.

**А. У. Хараш.** Вот, если хотите, передовая «политическая технология». Я не скажу, что нам нужно полностью принимать ее на вооружение, но когда мы строим какие-то планы, надо прогнозировать и социально-политическое развитие страны, и общественное мнение, проявления которого мы сейчас воочию наблюдаем на улицах Москвы и других городов Союза. Это не просто один из факторов, это уже важнейший фактор. Может быть, я ошибаюсь, ведь я не атомщик, может, я глубоко ошибаюсь, и вы совершенно правы, что чернобыльская авария не повторится, но даже если она не повторится, распространение атомной технологии в нынешних условиях для сознания народа равносильно авторитарному введению некоторых антиконституционных законов. Это психологически грязная технология, не согласующаяся с тем, что нам обещают в течение последних лет.

**Н. С. Бабаев.** Стране для прогрессивного развития нужна электроэнергия. В Ваших словах есть резкие и непонятные обвинения в адрес атомной энергетике, но нет конструктивных предложений. Где альтернатива? Так, например, я думаю, что решение Швеции остановить АЭС к 2010 г. потребует дополнительного обсуждения.

**Я. В. Шевелев.** Они посчитали и проследились. Стоимость энергии удваивается.

**Н. С. Бабаев.** Я сам год назад был в Швеции на экологической конференции и разговаривал со шведскими коллегами. Они поинтересовались, какое отношение у советской общественности и наших физиков к их ре-

шению закрыть атомную энергетiku. Я ответил, что это их дело. Приняли решение — закрывайте. Но буду благодарен вам, сказал я, если объясните, чем вы замените 50 % энергии, которую потеряете из-за отказа от атомных станций. Они на этот вопрос не ответили (невозможно ответить), а сказали, что, видимо, еще раз вернутся к плебисциту. Последние публикации говорят о том, что против закрытия атомной энергетике сейчас категорически возражают шведские профсоюзы. Ибо это, как сказал Ясен Владимирович, удвоит стоимость электроэнергии.

**Я. В. Шевелев.** О чем нужно говорить людям? Если мы сейчас скажем, что чернобыльская авария не повторится, мы их обманем. Этого говорить нельзя, это неправда. Хоть снизим вероятность до  $10^{-7}$ , хоть до  $10^{-9}$ , авария может случиться завтра. Это ясно любому математически грамотному человеку. Можно говорить лишь о большей или меньшей безопасности. Поэтому надо людям разъяснять, что они живут в опасном мире. Специалисты по ядерной энергетике уже 20 лет говорят об опасностях открыто, и это я считаю преимуществом. Ведь никто из населения, я уверен, не знает, что угольная энергетика нашей страны ежегодно губит 20 тыс. человек. И если объяснить это людям, еще неизвестно, не потребуют ли они немедленно закрыть всю угольную энергетiku.

**А. У. Хараш.** Надо провести очень тщательные и глубокие исследования реальной общественной потребности в энергии, в которой взвешены ожидаемые лишения, издержки и прибыль. Мы все время решаем за кого-то. Вот и сейчас мы сидим и тоже хотим решить за всех.

**А. Е. Шейндли.** Правильно ли я понимаю, что Вы хотели бы глубокой проработки нескольких альтернативных вариантов? Скажем, нет атомной энергетике — что будет? Есть атомная энергетика — что тогда?

**А. У. Хараш.** Совершенно согласен. Надо исследовать и уточнить все эти варианты, довести их до сознания общества, изучить реакцию и только потом принимать решения.

**Г. А. Копчинский.** Думаю, никто не сможет возразить против утверждения, что одним из главных недостатков атомной энергетике в прошлом была некая стена между специалистами и общественностью. Сегодня, представляется, нужно все ворота раскрывать. Те рецидивы, которые еще случаются и о

которых здесь упоминали,— серьезнейшее упущение в нашей работе с общественностью, это нанесит огромный вред. Поэтому практически сразу после аварии в Чернобыле возникла мысль о создании закона об атомной энергии, чтобы в правовом порядке оговорить отношения, связанные с деятельностью в области атомной энергетики, ввести какие-то чисто юридические пределы, правила, нормы. Сегодня, пожалуй, нельзя много сказать об этом законе. Документ имеет чрезвычайную важность, и мы не имеем права допустить в нем ничего такого, что могло бы скомпрометировать атомную энергетику, в очередной раз посеять недоверие к ней. В первой редакции закона, на мой взгляд, было много подобного рода неточностей, поэтому его предстоит еще не раз обдумать, тщательно обсудить. Работа идет тяжело, даже мучительно — что греха таить, во многих уже сформировались стереотипы атомные, стереотипы «зеленые». Я только попытаюсь кратко выразить цель и идею этого документа. Необходимо таким образом урегулировать связанные с атомной энергетикой технические, экономические, общественные взаимоотношения, чтобы не было нанесено ущерба ни здоровью или жизни людей, ни имуществу общественных, государственных, кооперативных организаций. Эта цель должна иметь совершенно четкое и ярко выраженный приоритет перед разного рода политическими, экономическими или иными соображениями? И, безусловно, любым пунктом, любым правилом этого документа должно утверждаться право общественности на широкое участие в обсуждении всех вопросов, связанных с использованием атомной энергии (я имею в виду не только атомные станции, но и суда, другие транспортные средства, радиоактивные источники). Думаю, что вскоре этот закон будет представлен общественности для широкого обсуждения.

**Ведущий.** И все же, какое будущее ждет, по-вашему, атомную энергетику в нашей стране?

**Я. В. Шевелев.** Я считаю, что ядерную энергетику мы уже почти проиграли. То, что мы делаем в течение последнего года, мы должны были начать 3 года назад, если не раньше. Вот из-за такого промедления мы ядерную энергетику уже почти проиграли.

**Ю. В. Петров.** Я согласен с утверждением, что у нас в стране увеличить к 2000—2005 гг. долю АЭС в производстве электроэнергии больше, чем до 20 %, реально не удастся. Конечно, ядерная энергетика обла-

дает большими ресурсами на длительный срок, если учесть переработку бедных руд и использовать различные гибридные системы, основанные на термоядерной реакции или холодном мюонном катализе реакции синтеза. Но мне кажется, что важнейшей проблемой существования и выживания ядерной энергетики является все-таки общественное мнение. И, повторюсь, я считаю, что именно общественность должна принимать решение, нужна ядерная энергетика или не нужна, а наше дело — быть квалифицированными экспертами и предоставить точную и полную информацию.

**А. Е. Шейндлин.** Совершенно согласен: выработать правильное мнение общественности по поводу энергетики сейчас жизненно важно для страны. Есть люди, которые предлагают закрыть сегодня атомные станции — просто закрыть, и все. Я думаю, все присутствующие понимают, что это нереально — в таком случае страна окажется в чрезвычайно сложном положении. Но, мне кажется, стоит сказать прямо: необходимо сократить строительство АЭС до разумного уровня. Нехватку электроэнергии, которая может при этом возникнуть, придется, как я уже говорил, в ближайшие 15—20 лет компенсировать использованием органического топлива — скажем, газа. А за это время попытаться существенно повысить безопасность АЭС и уже потом вернуться к дискуссиям об их судьбе.

Впрочем, я бы не хотел сводить разговор к выработке стратегии на ближайший десяток лет. Проблему надо ставить шире. Каковы социальные последствия развития энергетики вообще? Какие изменения происходят в структуре народного хозяйства, как меняется индивидуальный и социальный риск при появлении новых технологий, отношение к ним общества в целом и отдельных его индивидумов? Увы, в нашей стране почти никто не занимается поиском ответа на такие вопросы, а без этого невозможно правильно развивать энергетику. Здесь широкое поле для деятельности социологов.

В связи с этим мне хотелось бы представить обсуждаемые здесь проблемы в несколько неожиданном ракурсе. В последнее время мне довольно часто приходилось общаться с митрополитом Питиримом и его окружением. Все вы хорошо знаете, что русская православная церковь активно включилась в жизнь нашего общества, разделяя его тревоги и заботы. Поэтому неудивительно, что один из высших иерархов церкви стал членом недавно организованного Москов-

ского международного энергетического клуба. В своем выступлении на открытии клуба он обратил внимание присутствующих на то, что церковь веками воспитывала особое, трепетное отношение к таким категориям, как хлеб насущный и сила (древний эквивалент того, что мы теперь называем энергией). Речь идет о нравственных принципах, ведущих к экономии как первого, так и второго. Бережливость — экономическая основа поста, общая продолжительность которого, если не ошибаюсь, доходит до 250 дней в году.

Почему же современный мир должен скатиться в гибельную пропасть потребительства, безудержного «давай-давай»? Нам крайне необходимо выработать в себе естественное

чувство экономии всех даров окружающего мира, в том числе и энергии, тогда цивилизация сможет развиваться, не натываясь в слепой гордыне на ограничения, установленные объективными законами природы. Я считаю это одним из главных моментов в последующей деятельности в энергетике. На этом пути можно найти решение многих проблем, затронутых в нашей дискуссии. Бесконечный спор о преимуществах и недостатках тех или иных источников энергии достаточно бесплоден, если не изменить сами принципы потребления энергии. Как сказано у евангелиста Луки, «никто не приставляет заплаты к ветхой одежде, отодрав от новой одежды».

**От редакции.** Начиная подготовку к «круглому столу», мы, конечно, не рассчитывали, что разговор, даже столь открытый и профессиональный, расставит все точки над *i* в проблемах атомной энергетики. Но все же была надежда, что некоторую ясность удастся внести, и эта надежда оправдалась. Правда, мы не услышали окончательных и бесспорных рецептов, зато к концу беседы четко обозначились наиболее важные и острые вопросы. А ведь правильно задать вопрос — значит частично на него ответить.

Удастся ли нашей экономике, и насколько быстро, перейти на новый путь развития — интенсивный, ресурсосберегающий, наукоемкий и рассчитанный на конечный продукт? Каковы тогда будут реальные потребности в энергии?

Насколько экономически выгодны в разных регионах страны различные типы источников энергии? Как велик потенциал малой энергетики, нетрадиционных источников? Каковы ресурсы энергосбережения, если оно, помимо всеобщей моральной поддержки, будет подкреплено целенаправленной государственной политикой или, тем более, станет экономически выгодным?

Можно ли достаточно быстро повысить безопасность атомной энергетики до приемлемого уровня? Каких затрат это потребует? Как отбирать и готовить персонал для работы на уже существующих станциях, чтобы исключить возможность новой серьезной аварии? Как решить проблему захоронения радиоактивных отходов и демонтажа отработавших станций?

Где размещать новые АЭС, кто вправе принимать решения об этом? Допустимо ли строить даже предельно безопасные атомные блоки, если это идет вразрез с

желанием местного населения? Как вести диалог с противниками атомной энергетики и вернуть доверие к ней? Какими юридическими нормами должна регулироваться деятельность, связанная с использованием атомной энергии?

Как заманчиво было бы собрать представительную группу ученых, инженеров, управленцев и поручить им, проведя тщательные исследования и долгие обсуждения, ответить на все эти вопросы и разработать окончательный, безошибочный вариант энергетической стратегии. Но это невозможно — не потому даже, что провести все нужные исследования крайне сложно, а потому, что ответы зависят в конечном счете от позиции, взглядов и образа жизни каждого из нас и могут меняться с течением времени. И мы надеемся, что дискуссия о путях развития атомной энергетики, начатая в «Природе» беседой за «круглым столом», для многих читателей станет толчком к выработке продуманной собственной позиции по этому вопросу.

Разумеется, «Природа» не считает дискуссию законченной. Специалистам по атомной энергетике мы предлагаем развить в отдельных статьях наиболее важные положения, сформулированные за «круглым столом». Приглашаем к дальнейшему разговору и представителей «зеленых», тем более что некоторые из них по разным причинам не сумели принять участие в нашем обсуждении.

Нам кажется, что пора перейти от эмоций к веским аргументам и точным расчетам.

«Круглый стол» подготовили и провели  
© И. Н. Арутюнян и Г. М. Львовский.

## Серебристые облака над Москвой

© В. Г. Сурдин,

кандидат физико-математических наук

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга  
Москва



Серебристые облака, сравнительно редкое природное явление, наблюдаются в Северном полушарии летом на широтах от 45 до 70°. Москва попадает в эту полосу, однако наблюдать серебристые облака в черте крупного города чрезвычайно сложно, поскольку мешают городские огни, смог и высокие строения, закрывающие небо у горизонта. Тем интереснее, что недавно над Москвой можно было без труда увидеть яркие серебристые облака.

Мне удалось сфотографировать их 26 июня 1989 г. в 1 ч 30 мин московского летнего времени с помощью фотоаппарата «Зенит 3М» на черно-белую пленку чувствительностью 64 ед. с экспозицией 10 с и диафрагмой 1:5,6. Облака были видны из южной части Москвы в направлении на север, наблюдались они немногим более часа. Хотя автор по профессии астроном, но столь яркого явления серебристых об-

лаков над Москвой ему видеть не приходилось.

Обычно они наблюдаются у горизонта и имеют светлый полупрозрачный вид, тонкую волнообразную структуру. Это самые высокие облака земной атмосферы, рождаются они в верхней мезосфере на высотах 70—90 км, где температура доходит до —140 °С, и существуют от нескольких минут до нескольких часов. Светятся серебристые облака отраженным солнечным светом, хотя Солнце в это время находится на 6—12° ниже линии горизонта.

Впервые это любопытное явление было обнаружено в июне 1885 г. одновременно несколькими учеными, в том числе эстонским астрономом Э. Гартвигом и директором Московской обсерватории В. К. Цераским. Сейчас с помощью наземной спектроскопии и прямых проб воздуха с геофизических ракет получены данные о составе серебристых облаков. По

Серебристые облака над Москвой 26 июня 1989 г.

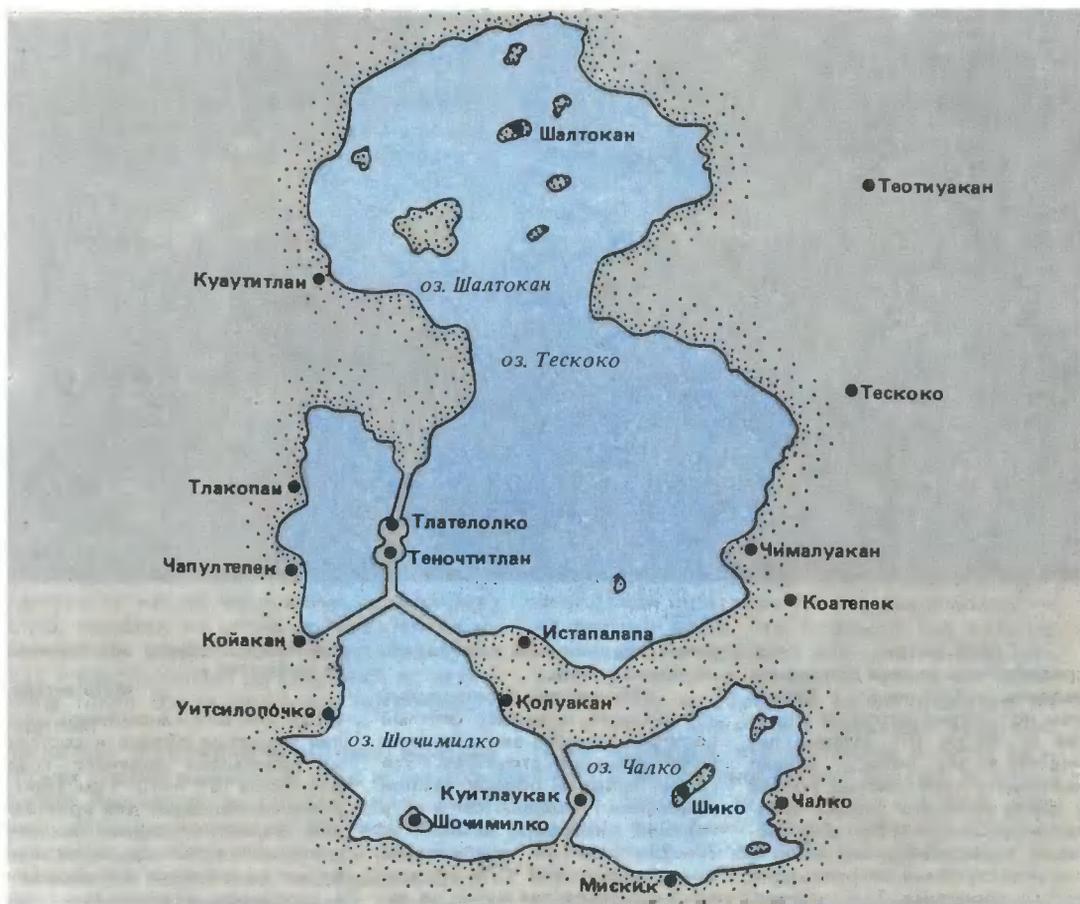
Фото автора.

структуре они напоминают легкие перистые облака и состоят из кристаллов водяного льда размером  $10^{-4}$ — $10^{-5}$  см. Центрами конденсации для кристаллов, вероятно, служат микроскопические частицы пыли, выброшенные высоко в атмосферу в результате вулканических извержений или попавшие в нее вместе с метеорным веществом.

По фотографиям серебристых облаков можно заключить, что в верхних слоях атмосферы часто происходят волнообразные колебания с характерной длиной волны в километры и десятки километров. По перемещению наблюдаемых деталей серебристых облаков можно получить данные о ветре на тех высотах, где непосредственный контроль атмосферы почти никогда не проводится, ибо этот слой недоступен ни самолетам, ни вертолетам, ни ИСЗ.

# Система земледелия у ацтеков

© В. Е. Баглай,  
кандидат исторических наук  
г. Орел



**В** СВОЕ ВРЕМЯ Н. И. Вавилов отмечал оригинальность и самоценность центральноамериканского очага происхождения культурных растений. Особенности древнего аграрного производства в Новом Свете сегодня, быть может, еще интереснее, поскольку многим странам современного мира грозит серьезный кризис сельского хозяйства (а в нашей стране он уже реален). Речь в этой статье не пойдет, конечно, о примерах для подражания и воз-

можностях заимствования опыта древних — развитие цивилизации не терпит прямых возвращений к прошлому. Важнее проследить органическую связь системы земледелия с другими сферами мировосприятия и общественного устройства древних. Развитие земледелия как главной общественной деятельности способствовало появлению новых знаний, духовных идей, представлений о мире, как, впрочем, и магических обрядов. Культы плодородия, в

Мексиканская долина и сопредельные территории в 1519 г. На схеме указаны главные центры земледелия.

которых удивительным образом сплетались объективное понимание природы и тотемистические фантазии, характерны для всех раннеземледельческих обществ Старого и Нового Света. Существовали они и у древних ацтеков.

Когда осенью 1519 г. испанские конкистадоры во главе с Э. Кортесом оказались в Мексиканской долине, их взором открылась поразительная культура обустройства территории и ухода за ней. Один из участников похода так описывал свои впечатления от увиденного: «Перед нашим изумленным взором открылись города и деревни, то на берегу озера, то как бы вырастая из самой воды... всюду возвышались башни и храмы, могучие строения из камня, то на земле, то на воде... Кругом шли сады, да такие, что не насмотришься... виделась зеркальная гладь прудков и прудов»<sup>1</sup>.

Мексиканская долина была сердцем древнеацтекского государства, отсюда шло его расширение, однако сами ацтеки были не исконными ее жителями, а сравнительно недавними пришельцами. Они принадлежали к последней волне индейских племен, переселившихся, как ныне считается, ок. XII в. из более северных районов американского континента в Мексиканскую долину, на территории которой издавна существовали высокие культуры. Ок. 1325 г. пришельцы основали свой островной город Теночтитлан (Мехико). Постепенно, используя силу оружия, мирную политику и культурные достижения своих высокоцивилизированных предшественников, ацтеки создают самое мощное государство древней Мексики. Именно ацтеки, иначе называвшиеся мещиками, дали нынешнее имя крупнейшей латиноамериканской стране.

Древнеацтекское государство, типологически сопоставимое с древневосточными державами Старого Света, было достаточно развитой аграрной цивилизацией. Исследователи считают, что ацтеки, оказавшиеся способными учениками, не только восприняли существовавшую задолго до их появления систему земледелия, но и в некоторых частях довели ее до совершенства.

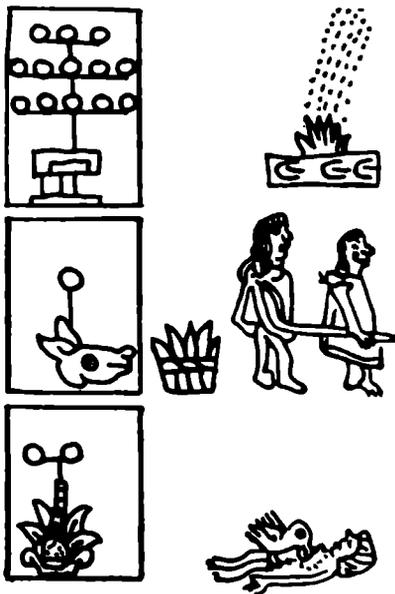
## АЦТЕКСКИЕ ПОЛЯ И ОГОРОДЫ

По сути, все основные формы земледелия, практиковавшиеся в древнеацтекской аграрной системе, можно проследить на примере метрополии, Мексиканской долины, площадью около 130×60 км. В этом высокосейсмичном горном районе со средними температурами зимой и летом соответственно 14° и 20 °С нередки заморозки, а не очень обильные дожди выпадают в основном с мая по октябрь. Из-за расчлененности горного рельефа здесь не сложились значительные водные системы, большая часть долины покрыта сравнительно неглубокими солеными озерами — Сумпанго, Шалтокан, Тескоко, Чалко и Шочимилко.

Древнеацтекские земледельцы владели основами знаний о плодородии почвы и способах ее обогащения. Различая потенциальное (естественное) и эффективное (приобретенное) плодородие земли, они выделяли аллювиальные земли, пустошь, пар, землю, обогащенные хозяйственными отходами, песчаные и др.; имели представление о ветровой и водной эрозии почвы, заболачивании и ввели соответствующие определения в языке. В зависимости от климата, ландшафта, размеров территории, наличия влаги, технологических и трудовых навыков выращивания культур в древнеацтекской, как и в других ранних земледельческих цивилизациях, использовали две основные системы земледелия — экстенсивную и интен-

сивную. В жарких лесных тропических районах, где достаточно дождей, практиковалось подсечно-огневое земледелие<sup>2</sup>. После трех лет эксплуатации очищенного от леса участка, его оставляли лет на десять, пока он вновь не покрывался лесом; по возвращении земледельцы вновь выжигали растения, благо-

даря чему повышалось плодородие почвы, а значит, на несколько лет обеспечивался достаточный урожай, прежде всего кукурузы — хлеба древних мексиканцев. Подсечно-огневое зем-



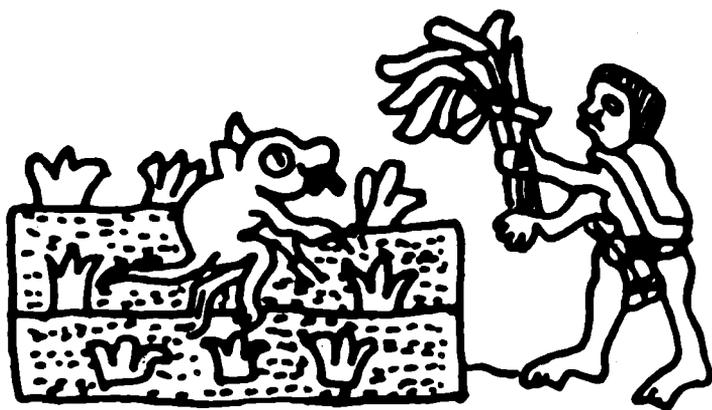
Фрагмент раннеколонизальной исторической рукописи, описывающий традиционными индейскими пиктограммами последствия неурожая в годы «13 дом», «1 кролики», «2 тростники» (по древнеацтекскому календарю) — появление кометы, увод в рабство, смерть от голода, что по древним поверьям предшествовало стихийному бедствию.



Обработка земли палкой-копалкой. Рисунок из раннеколонизальной рукописи.

<sup>2</sup> Кнорозов Ю. В. Иероглифические рукописи майя. Л., 1975. С. 230, 237—238; Кинжалов Р. В. Культура древних майя. Л., 1971. С. 78—81; Гуляев В. И. Города-государства майя. М., 1979. С. 44—63.

<sup>1</sup> Цит. по: Егоров Д. Н. Записки солдата Берналя Диаза. Т. 1. Л., 1924. С. 133.



#### Уничтожение урожая грызунами.

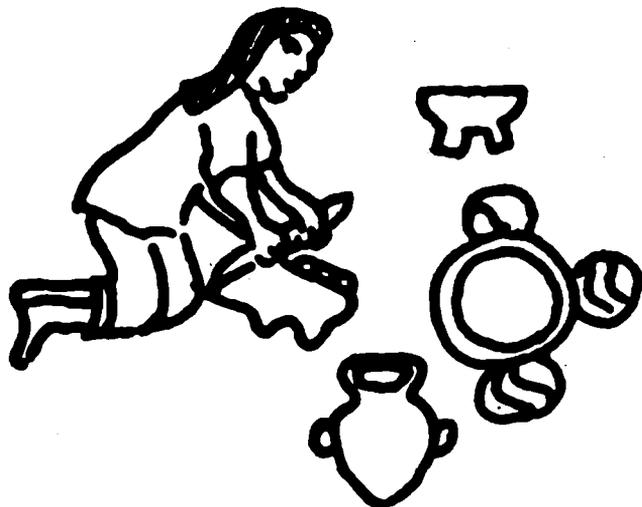
леделие не имело распространения в Мексиканской долине в силу естественно-географических ограничений, однако на территории собственно древнеацтекского государства его использовал народ тотонаков на побережьях Мексиканского залива. Эта система достаточно эффективна, несмотря на сравнительную простоту. Даже теперь урожай с таких участков в два раза выше, чем с тех, что обрабатывают плугом. Не случайно в доиспанский период, когда у ацтеков в 1451—1453 гг. случился неурожай, именно тотонаки, поля которых не пострадали, покупали во множестве людей, во избежание голодной смерти вынужденных продавать себя и членов своей семьи в рабство.

Пока рост народонаселения оставался низким, эта система земледелия была приемлема в определенных районах. Гористые и засушливые районы, составлявшие большую часть территории древнеацтекского государства, требовали непрерывных и максимально эффективных мероприятий по обработке земли, поэтому переход от экстенсивных форм земледелия к разработке приемов интенсивного природопользования был неизбежен. Так, задолго до прихода ацтеков здесь появилась новая система земледелия, основанная на регулярной, непрерывной обработке земель. Первой среди форм непрерывного земледелия появилась в VII—III вв. до н. э. так называемая **мильпа** — маисовое (или хлопковое) поле. Традиционно счи-

тается, что **мильпа** — атрибут подсечно-огневого земледелия. Возможно, это и так у древних майя, но у древних ацтеков **мильповое** земледелие было, скорее, разновидностью непрерывного, круглогодичного. Так, в горных районах после 2—3 лет возделывания поле по крайней мере год пребывало под паром. Но этот период мог быть не только сокращен, но и вообще исключен при соблюдении севооборота, использовании удобрений (перегнивших растительных остатков и живья).

Довольно обычным для древнеацтекского хозяйства было использование террас, что диктовалось рельефом местности. В этом случае водная и ветровая эрозия сдерживалась

#### Приготовление лепешки-тортильи.

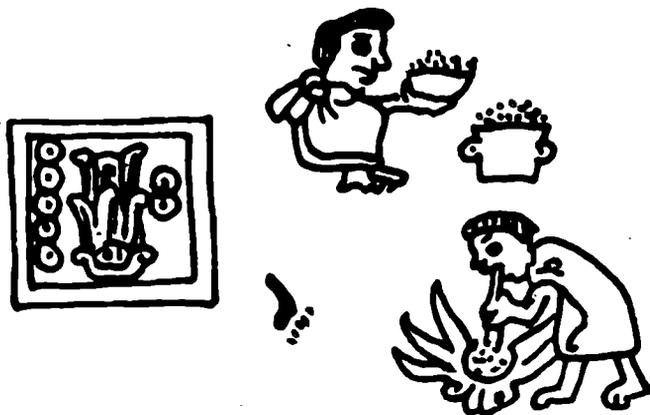


укреплением краев участка камнем, земляным валом, устройством водосливов, посадкой растений с мощной корневой системой. Большую часть горных склонов центральной и северной части Мексиканской долины занимали сложные, тщательно сработанные террасы (особенно знаменит в этом отношении район г. Тескоко).

Традиционная **мильпа** дополнялась использованием так называемой системы **калмиль**. **Калмиль** — это огород, участок, примыкавший к дому, обогащаемый хозяйственными отходами и растительными остатками. Обрабатывавшийся непрерывно, он обеспечивал более 1/3 потребностей семьи в растительной пище. **Калмиль** и **мильпа** в сочетании обеспечивали возможность значительного роста населения. Все работы производились с использованием единственного орудия труда — палки-копалки с уплощенным концом, так называемой **уйктли**.

#### ЧИНАМПА — ВОДЯНОЙ ОГОРОД

Кроме сухого земледелия ацтеки прибегали и к орошению при помощи каналов с постоянным или сезонным водостоком, следы которых обнаружены в районах Тескоко, Теогуақан, Куаутитлан и др. От источника воду отводили в канавы, берега и стенки которых укрепляли камнем, песком, иногда даже каменной кладкой, посадкой кустарника, колышками, брев-



Приготовление напитков из сока агавы.

нами. Большинство каналов имели ширину 1,2—1,4 м и глубину 0,7—1,2 м. О длине судить с определенностью трудно, однако очевидно, что ландшафт, да и водные ресурсы, не позволяли развивать здесь системы, сравнимые, например, с вавилонскими. Однако, хотя у ацтеков и не было гигантской системы ирригации, здесь сформировалась не менее замечательная техника орошаемого земледелия, обеспечившая круглогодичное получение нескольких урожаев.

Когда около 1325 г. ацтеки основали свой город на одном из крошечных островов оз. Тескоко, перед ними встали две важнейшие проблемы, от решения которых зависело выживание, — дефицит земли и пресной воды. И они не просто решили их, но достигли выдающихся результатов. Ключом к решению оказались **чинампы** — длинные узкие полоски земли, грядки, платформы или искусственные острова на мелководье из чередующихся слоев земли, дерна, ила и перегнивших растений, окруженные по крайней мере с трех сторон водой. Землю и дерн с материка земледельцы доставляли на каноз. Грядку покрывали плодородным илом, добытым со дна. Обычная высота чинампы (выступающей над водой примерно на 30 см) — до 4 м, толщина плодородного слоя — 20—100 см. Размеры искусственных островов — 2,5—10 м в ширину и 3,5—100 м в длину. Наиболее удобными считались мелкие чинампы — их

было легче поливать (в случае необходимости) и они быстрее увлажнялись естественным течением воды между грядками. От водной эрозии чинампа защищались камнями, тростником, сухими стеблями маиса, сваями, кольями, выходящими растениями; часто по краям высаживали ивовые деревья, точнее, прутья, которые в воде быстро пускали корни.

Некоторое неудобство этой системы состояло в том, что нужно было постоянно вычерпывать ил из каналов между участками. Обычно его складывали по краям чинамп, увеличивая таким образом их высоту и площадь, а также освежая, обновляя плодородный слой; время от времени эти искусственные острова перестраивались заново. Во влажный сезон (с мая по октябрь) вода держалась на чинампе, обеспечивая естественным путем достаточную влажность. В конце сухого сезона, когда уровень воды в каналах снижался, чинампы поливали.

В систему чинамп кроме грядок входили парники, ускорявшие прорастание семян и защищавшие ростки от сильных дождей, заморозков, чрезмерных солнечных лучей. На грядки клали сухую траву и высушенные водоросли, подвешивали тростниковые циновки. По мнению большинства исследователей, грядки с сопутствующими им простыми, но целесообразными приемами защиты растений и ускорения их роста составляли основу земледельческой технологии.

По современным этнографическим данным, сами грядки (длиной 2—10 м) разбивались в определенном месте чинампы. На сухие водоросли наносили слой ила толщиной 6—9 см, ножом грядку делили на квадраты (разной площади в зависимости от растения; например, до 10 см<sup>2</sup> под семена маиса). В центре квадратов делали лунку, куда и помещали семена. Затем сверху укладывали сухую траву, водоросли или циновки. Когда наступало время пересаживать рассаду, каждый росток вместе с почвой извлекали из грядки и в корзинах или носилках доставляли на место. Когда добраться до него посуху было нельзя, рассаду перевозили на каноз. Возможно, именно это, как и особенность самих чинамп, выращенных из воды, вызвало у европейцев представление о «плавающих садах», которые мексиканцы якобы могли перевозить с места на место.

В Мексиканской долине одним из районов чинамп был Теночтитлан-Мехико, где остро сказывался недостаток земли и пресной воды. С помощью чинамп дефицит земли был отчасти преодолен, ибо они использовались не только для земледелия: на них строили и жилища. С большим трудом и искусством была решена и проблема пресной воды. В XV в. ацтеки соорудили гигантские дамбы, которые соединили остров с материком, и проложили в них водопровод. Он обеспечивал город не только питьевой водой, но и водой для полива чинамп, из которых фактически и состоял Теночтитлан. Кроме того, благодаря дамбам и поступающей пресной воде в отгороженных частях озера значительно снизилась соленость, что еще больше способствовало развитию данной системы агротехники.

Однако самые первые и знаменитые чинампы общей площадью до 120 км<sup>2</sup> были в районе Чалко-Шочимилко<sup>3</sup>. Рас-

<sup>3</sup> Постоянные поселения земледельцев вообще были основаны здесь еще во II тысячелетии до н. э. Время же появления чинамп до сих пор является предметом споров, так как называются разные даты — от середины I тысячелетия до н. э. до XIII в. н. э.

цвету этой системы земледелия здесь способствовала низкая соленость озер. В результате юг Мексиканской долины стал районом гарантированного чинампового земледелия и большим огородом древнеацтекской столицы. Предполагается, что он мог обеспечить растительной пищей до 100 тыс. человек, и потому неудивительно, что чинампы Чалко-Шочимилко развивались под постоянным государственным контролем. При правильном содержании чинампы давали два-три урожая в год и сохраняли плодородие столетиями без пара. После испанского завоевания гидрография долины сильно изменилась, и ныне чинампы сохранились только в Шочимилко.

Говоря о земледелии древних ацтеков, нельзя не назвать еще один способ повышения эффективности использования земли, понятный из высказывания Н. И. Вавилова: «Поля... нередко представляют собой как бы сообщество различных культурных растений: фасоль обвивает кукурузу, а между ними растут различного рода тыквы. Смешанная культура является господствующей в древней Мексике, таковой она является в значительной мере ... и по сей день»<sup>1</sup>.

Успешность той или иной земледельческой технологии обеспечивалась и трудовыми навыками, и набором возделываемых культур, и знанием агрокалендаря, и, конечно, как и в других ранних культурах, аграрным культом, практически неотделимым от этого земледельческого календаря. Хорошо известно, что ацтекский религиозный культ (аграрный в том числе) требовал наряду с прочим и человеческой крови. Об этом всегда с гневным осуждением говорили европейцы, сами, впрочем, не отличившиеся истинным человеколюбием и гуманизмом. По нашему мнению, абстрактно гуманистическая оценка этой практики абсолютно не применима. Являясь

детьми своего времени, ацтеки и родственные им народы древней Мексике в человеческих жертвоприношениях видели акты магические, призванные добиться благосклонности и содействия высших сил (прежде всего воплощенных в четырех стихиях — солнце, земле, воде, огне), от которых зависели их жизнь и благополучие. Именно сознание, свойственное человеку архаического общества, заставляло их вести себя так, словно за каждым их шагом наблюдало неусыпное око божества. Диковинная смесь рудиментарных знаний и религиозных представлений создавали мир образов и практических действий ацтекского земледельца. Именно поэтому, следуя принципу историзма, рассматривая и характеризуя такое сугубо бытовое занятие, как земледелие, нельзя не говорить и о том, что было органической частью сознания древнего труженика — религиозном сознании.

#### ОСНОВЫ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ КУЛЬТУРЫ АЦТЕКОВ

Быстрому развитию и совершенствованию земледелия у ацтеков способствовало, конечно, то, что у них по сути не было животноводства. Продовольственные проблемы приходилось решать только за счет растениеводства, и оно по необходимости становилось все более эффективным и экономичным. Первым среди культурных растений и, значит, особо почитаемым был маис (кукуруза). С отношением к нему связывалось у ацтеков множество традиций и бытовых предписаний, суеверий и запретов, смысл которых часто уже невозможно объяснить. Использовался маис и в большом ряду ритуалов и обрядов.

Например, когда маис просыпался на землю, его следовало немедленно до зернышка собрать; кто не делал этого, наносил оскорбления зернам и вызывал месть божества. Перед тем как бросить маис в горшок для варки, нужно дать знать об этом его «духу», чтобы тот «не боялся». Маисовое тесто и зерна широко использовались в магических, колдовских обрядах. Так,

если человек болел лихорадкой, первым и наиболее эффективным средством лечения была собачка из маисового теста, положенная на лист агавы и оставленная на тропе. Первый, кто пройдет по этой дороге, унесет на своих подошвах болезнь вместе с фигуркой, а больной почувствует облегчение. По расположению зерен маиса, брошенных в сосуд с водой, можно было, якобы, обнаружить местонахождение утерянной вещи. Индейцы верили, что так можно определить, жив ли отсутствующий по тем или иным причинам человек. Чтобы узнать, выздоровеет ли больной, гадали, бросая горсть сырых зерен: если они, падая, становились вертикально, смерть считалась неизбежной.

Почитание маиса, осознание его важности в жизни людей было настолько сильно, что в ацтекских космогонических мифах, повествующих о периодических катастрофах, одна из их причин виделась в недостатке пищи. Когда случались землетрясения (довольно частые здесь), по мнению индейцев предвещавшие мировые катастрофы, они больше всего боялись, что маис исчезнет из амбаров.

Однако не только в мифах, но и в реальной жизни маис был самой важной сельскохозяйственной культурой, выращиваемой практически во всех районах древней Мексике. Кстати, само слово «маис», ныне широко используемое, не местного происхождения, оно пришло вместе с испанцами. Ацтеки чаще называли кукурузу *тлаолли* или *синтли*. Известно, что на этой территории возделывали четыре районированных сорта растения, имевших разные сроки созревания и хранения. Сельскохозяйственный цикл возделывания маиса, управлявшийся специальным календарем, во многих районах не изменился до наших дней. Существовало два таких цикла, исходивших из среднего периода мутации в 6 месяцев — один для долин, где выращивали два урожая в год, и другой для горных районов, где собирали один. Растение постоянно находилось под неусыпным контролем земледельца, которому приходи-

<sup>1</sup> Вавилов Н. И. Великие земледельческие культуры доколумбовой Америки и их взаимоотношения // Избр. тр. Т. 2. М., 1960. С. 166.

лось переживать вместе с ним не только заморозки или засуху, но и поправы. Особые сторожа отгоняли птиц и животных, наблюдая за ними из специальных шалашей, устанавливаемых у кромки поля на платформе из высоких свай. После сбора урожая початки доставляли на гумно. Меньшее количество маиса оставляли для непосредственного потребления в домашнем хозяйстве (обычно зерно хранили в особых сосудах), а большую его часть в неочищенном виде укладывали на хранение в специальных житницах.

В древней Мексике 80 % пищевого рациона составляли блюда из маиса, многие из которых ныне входят в национальную кухню. В доиспанский период сухие зерна маиса замачивали на ночь, добавляя известь или золу. Утром размягченное зерно тщательно промывали, затем растирали на специальной терке, до образования влажной массы, называвшейся *атоле*. Эту кашу ели в горячем или холодном виде, из нее же делали и все остальные блюда. Атоле пили, предварительно разбавив водой и добавляя мед и специальные травы. Из нее пекли лепешки — *тортильи*. Они хороши в горячем виде, но быстро черствеют, поэтому их обычно готовят перед подачей на стол. Пекли и пироги с начинкой из дичи, рыбы, а в самых бедных семьях — лягушек и даже личинок насекомых. Атоле можно было жарить на сковороде, чаще глиняной, с добавлением других компонентов и специй, например вареных бобов. Индейцы умели извлекать из молодых стеблей маиса сок, из которого впоследствии варили искусственный мед. Нежные молодые побеги шли в пищу. Сухие листья служили в качестве обертки при выпечке и курении табака. Корни растения сжигали, удобряя таким образом почву.

Наряду с маисом в экономике древнеацтекского общества огромная роль принадлежала агаве (ацтеки называли ее *метль*). В отличие от маиса агавя является многолетним растением (для его полного созревания требуется около 10 лет), с укороченным стеблем и мясистыми зубчатыми

листьями с колючей верхушкой, располагающимся на нем в виде мощной розетки. Важное ее свойство — терпимость к крайне ограниченной влажности, она, не в пример маису, выносит не только засуху, но и заморозки, способна расти практически на любой почве. Агаву выращивали специально (обычно высаживая рядами) или использовали дикорастущие виды, поскольку особого ухода она не требует.

Использование агавы было поистине универсальным, являя собой по сути пример безотходной технологии. Из волокон агавы делали нитки, веревки, циновки, тряпичную обувь, различную оснастку, простейшую одежду. При строительстве хижин стволы ее использовали как балки, листья служили своего рода черепицей для крыш; используя особенность листьев (напоминающих желобы), из них делали сливы на террасах; высушенные листья шли на топливо. Шипы агавы служили в качестве проколов и гвоздей. Некоторые виды агавы с особенно мощными корнями использовались для борьбы с оползнями и создания живых изгородей. Зола от сжигания агавы служила протравителем. На растениях водились насекомые, которые шли в пищу. Из агавы делали бумагу: измельченные листья раскатывали тонким слоем и высушивали на солнце. Из листьев получали сок, который ацтеки называли «сок земли», «вино земли», поскольку традиционно считали, что его дает именно земля. Им лечили язвы, раны, болезни мочевого пузыря. Из сока варили мед, получали сахар, а из оставшейся после его осаждения жидкости — уксус. Делали из него и вино, добавляя особый корень. Перебродивший сок агавы, легкий алкогольный напиток (*оитли*) имел терпкий вкус и содержал 4—8 % алкоголя. Его использовали с доиспанских времен в медицине в качестве диуретика. В быту употребление вина строго регламентировалось. По историческим хроникам и сведениям раннеколониальных авторов, запрещалось употребление вина беременными женщинами. Появляться на веселе было постыдно и позорно для воинов. Одним из

наказаний для пьяниц была их публичная стрижка на рынке. Вино давали только больным и старикам, а также тем, кто выполнял тяжелую работу. На свадьбах и праздниках лицам моложе 30 лет разрешалось пить по две чашки вина.

Важнейшую часть пищевого рациона жителей древнеацтекского государства составляли овощи. Среди них первыми следует назвать (выращиваемые даже на высоте 3000 м) 7—10 сортов томатов и перец, следы доместикации которого относятся к V—IV тысячелетиям до н. э. Несколько позже была окультурена фасоль. Благодаря исключительно высокому содержанию растительных белков она, как и маис, имела первостепенное значение среди сельскохозяйственных культур доиспанского периода. Чрезвычайно рационально использовалась и тыква: в пищу шли молодые побеги, цветы, незрелые плоды в свежем или вареном виде, семена; особые сорта выращивались для получения широко применявшихся в хозяйстве тыквенных сосудов. Меньшее значение в Мексиканской долине имели батата и юка (*маннока*), клубни которых, по примеру майя, перетирали в муку, варили, пекли, жарили. Зато ацтеки с успехом выращивали зелень (амарант, шалфей и др.), которую обычно добавляли в блюда, напитки, кукурузное тесто. Так, из растертых семян шалфея с добавлением маисовой муки делали особый подкрепляющий и освежающий напиток, который в древности был особенно популярен в военных походах: входившие в солдатский паек шалфеем и маисом разбавляли водой или соком агавы.

Известно, что ацтеки культивировали разнообразные фруктовые деревья, создавали прекрасные сады и парки с растениями, привезенными из разных районов Мексики. Эти сады были тщательно ухожены, широкие аллеи пересекали их из конца в конец. В них росли декоративные деревья, кустарники, цветы, лечебные травы, но не было овощей, зелени, ибо считалось, что негоже иметь здесь то, что продавалось на рынках. Сады и парки имелись

не только в столице, но и в других местах. Современный национальный парк у г. Куаутла (штат Морелос) раскинулся на месте, где когда-то был один из таких садов древнеацтекских правителей.

Среди деревьев, плоды которых использовались в пищу, источники отмечают сапоту, мамей, гуайяву и др. Был известен, но имел меньшее значение орех. В крайних южных районах (тропической сельве) жители выращивали пряности — ваниль, корицу. Ацтеки знали до 12 видов пальм. Выращивавшиеся в садах, парках, при храмах разнообразие цветы использовали на тех бесчисленных праздниках в честь богов, которые составляли древнеацтекский религиозно-обрядовый календарь. В сознании индейца в отношении к цветам складывались свои, странные с нашей точки зрения, представления и правила поведения, бытовые и ритуальные предписания. Так, букет можно было нюхать только с краю, ибо середина предназначалась божеству. Некоторые цветы вообще нельзя было нюхать и тем более садиться на них, даже случайно, ибо от этого можно было получить геморрой или иную болезнь.

Знали ацтеки и хлопок, служивший основным материалом (вместе с волокном агавы) для изготовления одежды. Изделия из него служили эквивалентом в торговом обмене, поскольку денег не было. В самой Мексиканской долине хлопок не возделывали, ибо климат ее не подходил для этого, а ближайший район, где хлопок можно было выращивать, находился на территории нынешнего штата Морелос. Эта область в древности не случайно называлась амильпас, «орошаемая мильпа», поскольку здесь наряду с прочим интенсивно выращивали хлопок. И основная его масса поступала оттуда в Теночтитлан в виде дани или через торговый обмен.

Это же касается и какао, еще одной важнейшей культуры в структуре древнеацтекского хозяйства. Хотя климат в Мексиканской долине не позволял его культивировать (один из

ранних источников особенно подчеркивал, что какао выращивали только в теплых землях), оно поступало из районов, лежащих южнее р. Бальсас, опять-таки, либо в виде дани и налогов, либо через торговлю. При ацтеках его выращивали, согласно документальным свидетельствам и научным данным, в таких центрах, как Соконуско, Куэтлаштан, Уэштепек.

Из зерен какао готовили особый напиток (напиток богатых, как прямо заявляет один из раннеколониальных авторов, поскольку был доступен не всем), от названия которого (ацт. *чоколатль*) происходит слово шоколад, известное ныне, как и сам продукт, во всем мире. В древности в воду бросали в определенном соотношении растертые в порошок какао-бобы, добавки и специи, а полученный состав тщательно перемешивали и подогревали на огне. Качественно приготовленный напиток обязательно должен на поверхности пениться, поэтому его тщательно взбивали. Шоколад отличается исключительной питательностью, что заметили еще древние мексиканцы, употреблявшие его во время трудных переходов и экспедиций. Использовался он и как медицинское средство при коликах, кровотечениях и лихорадке. Практически ни один религиозный обряд не обходился без какао. К примеру, перед совершением кровавого ритуала, несчастной жертве наряду с прочим давали шоколадный напиток, настоенный на ножках, с помощью которых осуществлялось жертвоприношение. В святынях многочисленных богов стояли сосуды с этим бесценным питьем. Наиболее крупные зерна какао использовались в качестве эквивалента при обмене. Словом, хотя какао не было «классической» культурой в земледелии Мексиканской долины (как маис, агавы, томат, перец), однако в системе экономики как целого ему суждено было занять одно из ведущих мест.

В древнеацтекской системе земледелия эпохи ее высше-

го подъема, когда присваивающее хозяйство становилось производящим, особое внимание обращалось на факторы разумного, экологически конструктивного природопользования. Вообще, интерес к растительным ресурсам, к безотходным способам их потребления был в доиспанском обществе поистине безграничным. Как справедливо замечали еще раннеколониальные авторы, из-за недостаточности ресурсов животного происхождения местное население, познавая свойства богатой здешней флоры, при любом удобном случае использовало их себе во благо. Показательно, что прибывший в Мексику врач испанского короля Филиппа II Ф. Эрнандес описал около 1500 видов растений, свойства которых (как вредные, так и полезные) были известны местным жителям.

Впрочем, несмотря на большие успехи в земледелии, ацтеки Мексиканской долины жили под серьезной угрозой голода из-за неурожаев и большой плотности населения. Некоторые современные исследователи предполагают, что даже не будь Конкисты со всеми ее ужасами, ацтеки все равно или поздно пережили бы демографическую катастрофу. По нашему твердому убеждению, для таких утверждений нет достаточных оснований, ибо накануне испанского завоевания древнеацтекское государство искало пути решения продовольственной проблемы, устраивая специальные склады с неприкосновенными запасами продуктов, активно развивая товарообмен и, наконец, переселяя часть жителей во вновь завоеванные районы обширной державы с предоставлением переселенцам значительных льгот.

Словом, древнеацтекское государство, которое в соответствии с традицией, идущей еще с раннеколониальных времен, часто изображается кровавым чудовищем, являло собой в действительности типичный пример древней культуры, где сосуществовали жизнь и смерть, высокое и низкое, где достигалось гармоничное взаимоотношение человека и природы.

## В поисках генов шизофрении

© Е. И. Погаев,

кандидат биологических наук

Всесоюзный научный центр психического здоровья АМН СССР  
Москва

Сложность изучения шизофрении в том, что пока неизвестно, каковы первичные изменения в клетках или тканях, вызывающие эту болезнь.

В 70-х годах ведущей гипотезой стала генетическая, предполагающая, что предрасположенность к болезни вызывается мутациями какого-то гена или нескольких генов человека. Давно замечено, что шизофрения имеет тенденцию как бы скапливаться в семьях. Если риск заболеть шизофренией у человека в общей популяции не превышает 1%, то в семье у ближайших родственников больного степень риска составляет 10%, а у близнецов — 50%. Эти данные указывают на то, что генетические факторы могут оказывать существенное влияние на развитие болезни, хотя прямо и не доказывают наследственной природы шизофрении. Ведь концентрация болезни в семьях может объясняться и общими психологическими стрессами или даже инфекциями за счет заражения какими-то медленно развивающимися вирусами<sup>1</sup>.

Позтому большой интерес вызвала работа группы генетиков из Лондона, обнаруживших, что развитие шизофрении в нескольких проанализированных ими семьях действительно связано с дефектом какого-то гена, локализованного на 5-й хромосоме<sup>2</sup>.

В последние годы специалисты по психиатрической генетике обратились к представлениям 78—80-х годов, когда было предложено использовать участки (маркеры) ДНК, разные по структуре у разных людей, для поиска корреляций в наследовании этих участков и генетических болезней. Если наследственное заболевание передается, как правило, с определенным

маркером ДНК, можно считать, что мутантный ген болезни находится в том же хромосомном участке, что и маркер. Так можно найти область хромосомы с мутантным геном, не зная ничего о природе болезни, кроме факта ее наследуемости. При «слепом» поиске гена болезни необходим перебор сотен маркеров ДНК из разных мест всех хромосом человека; это чрезвычайно трудоемкая задача. Если же известно, в какой хромосоме искать нарушенный ген, число маркеров, подлежащих проверке, значительно сокращается.

В поисках маркеров исследователи обратили внимание на цитогенетическую работу, в которой было показано, что китаец, страдавший шизофренией, имел лишний кусочек хромосомы 5, перемещенный на хромосому 1. У его племянника, также больного шизофренией, оказалась такая же хромосомная аномалия. Это навело на мысль, что хромосома 5 может иметь отношение к развитию шизофрении.

Просматривая атлас уже выявленных генов человека, лондонские генетики отметили, что хромосома 5 содержит ген рецептора гормона глюкокортикоида, нарушения в метаболизме которого приводят к различным психозам и который, таким образом, может быть кандидатом на роль гена психических болезней, включая шизофрению.

Исходя из этого, две группы исследователей проанализировали наследование маркеров ДНК из хромосомы 5 в родословных больных шизофренией.

Лондонская группа анализировала исландские и британские семьи, основываясь на том, что популяции Исландии и северной Англии генетически близки между собой и шизофрения в них могла бы вызываться одним и тем же мутантным геном. Тогда результаты такого

анализа правомерно суммировать, что делает статистические данные более убедительными.

В изученных родословных больных существовала небольшая корреляция в наследовании гена рецептора глюкокортикоида и шизофрении. Это могло означать, что, хотя сам ген, скорее всего, не связан с развитием болезни, он расположен недалеко от вызывающего ее гена. Чтобы проверить это, взяли два маркера ДНК хромосомы 5, локализованные на некотором расстоянии от гена рецептора гормона. У пяти исландских и двух британских семей со многими больными эти маркеры ДНК, действительно, наследовались сцепленно с шизофренией.

Таким образом, была сделана первая удачная попытка обнаружить участок хромосомы, вызывающий предрасположенность к шизофрении. Заманчиво было бы надеяться, что генетическая тайна шизофрении будет вскоре разрешена. Однако другой группой исследователей при анализе семьи больных из Швеции установлено, что те же маркеры ДНК и участок хромосомы 5 наследуются независимо от шизофрении<sup>3</sup>. О чем это говорит? Прежде всего о том, что шизофрения (как и подозревали психиатры) — болезнь, вызываемая нарушениями в разных генах. Сейчас удалось только показать, что по меньшей мере один из них, видимо, находится в хромосоме 5.

Лондонские генетики обнаружили также, что участок хромосомы 5 в исследованных исландских и английских семьях связан не только с шизофренией, но и с другими психозами, т. е. что один мутантный ген может проявляться по-разному, вызывая разные формы болезни.

Понимание того, что в развитии шизофрении большую роль играют гены, не несет в себе никакого фатализма. Во-первых, генетические болезни можно лечить (как, например, некоторые формы диабета — инсулином). Во-вторых, не следует забывать и о значительном влиянии внешних факторов на развитие шизофрении.

<sup>1</sup> Lander E. S. // Nature. 1988. Vol. 336. № 6195. P. 105—106.

<sup>2</sup> Sherrington R. et al. // Ibid. P. 164—167.

<sup>3</sup> Kennedy J. L. // Ibid. P. 167—169.

# „Отрыжка“ клеточной теории

© А. Е. Гайсинович,

доктор биологических наук

Институт биологии развития им. Н. К. Кольцова АН СССР

© Е. Б. Муэркова,

кандидат биологических наук

Институт истории естествознания и техники АН СССР  
Москва

Клеточной теории принадлежит решающая роль в становлении современной биологии. Это обусловлено тем обстоятельством, что изучение клетки в последней четверти XIX в. оказалось в фокусе интересов многих основополагающих и перспективных направлений в биологии. Клетка становилась центральным звеном в решении общих вопросов биологии — наследственности и развития. В год 150-летия клеточной теории необходимо осмыслить ее значение для познания биологических законов, а также понять те ошибки и заблуждения, которые роковым образом повлияли на развитие генетики и цитологии в нашей стране.

**150** ЛЕТ НАЗАД вышла книга Т. Шванна «Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений», ставшая основанием клеточной теории.

В этом труде, используя воззрения М. Шлейдена о решающей роли клеточного ядра растений (цитобласта) в свободном клеткообразовании, Шванн впервые представил клетку как основу строения и развития всего живого. Согласно клеточной теории Шванна, цитобласты возникают из бесструктурного вещества — бластемы, а затем вокруг них образуется «тонкий прозрачный пузырек» — молодая клетка<sup>1</sup>.

Идея об общем происхождении клеток, несмотря на то что предложенный механизм не соответствовал действительности, оказалась чрезвычайно плодотворной. Благодаря ей Шванн сформулировал положения, легшие в основу клеточной теории.

Определив универсальное значение клетки как простейшего структурного элемента всего органического мира, клеточная теория сразу же поставила ряд важных вопросов, и прежде всего вопрос о детальном изучении строения и размножения клеток.

В соответствии с состоянием микроскопической техники того времени, важнейшей частью клетки считалась ее оболочка, а сама клетка представлялась пузырьком, наполненным однородной жидкостью. Един-

ственным способом возникновения клеток признавалось «свободное клеткообразование» из недифференцированной бластемы. Хотя Шванн считал наличие ядра важным признаком для идентификации клетки, само ядро он рассматривал как непостоянный морфологический элемент, присутствующий только в молодых, развивающихся клетках.

В то время растения были наиболее благоприятны для изучения клеточного размножения, поскольку основной частью клетки тогда считалась оболочка. У животных же клеточная оболочка была еще недоступна визуальному наблюдению, и потому казалось, что делится «голая» клетка. Отсюда и возникало убеждение о свободном клеткообразовании. Впоследствии адепты теории возникновения клеток из бесструктурных белковых образований, как правило, повторяли эту ошибку.

Четкое обоснование деления клеток в тканях животных в 1841 г. впервые дал Р. Ремак, наблюдавший деление клеточных элементов в крови куриного эмбриона. Позднее он пришел к выводу о невозможности образования клеток без связи с уже существующими. Он описал картину amitotического (амитоз — прямое деление клеточного ядра) деления, названную впоследствии ремаковской схемой: последовательное деление ядрышка, ядра и тела клетки<sup>2</sup>.

Однако окончательно преемственность клеток и несостоятельность «свободного

<sup>1</sup> Шванн Т. Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений (1839). М.; Л., 1939; Шлейден М. Данные о фотосинтезе (1838) // Там же. Приложение. С. 72—74.

<sup>2</sup> Remak R. // Arch. Anat. Physiol. wiss. Med. 1852. Bd. 2. S. 47—57.



Т. Шванн (1810—1882).

клеткообразования» доказал Р. Вирхов, сформулировав в 1858 г. основополагающий принцип клеточной теории *omnis cellula e cellula* (всякая клетка происходит от предшествующей клетки)<sup>3</sup>. Новый взгляд Вирхова на ядро и протоплазму как важнейшие и необходимые для существования клетки компоненты позволил перейти от «оболочечной» теории клеток к «протоплазматической», «субстратной» цитологии.

Мощным стимулом к изучению клеточного ядра послужило открытие ядерного деления — кариокинеза (митоза) у растений В. Гофмейстером (1867) и животных А. Шнейдером (1873). В результате детального описания этого процесса у растений (Э. Страсбургер, 1875) и животных (В. Флеминг, 1878—1882) была установлена связь митоза с оплодотворением.

Идея о том, что ядро клетки — носитель наследственных свойств организма, постепенно овладевала умами биологов 70—80-х годов XIX в.

Однако уже со второй половины

<sup>3</sup> Вирхов Р. Патология, основанная на теории ячеек (целлюлярная патология) в применении к микроскопической анатомии нормальных и ненормальных тканей. М., 1859.

# Mikroskopische Untersuchungen

über  
die Uebereinstimmung in der Struktur und dem  
Wachsthum

der  
Thiere und Pflanzen

von  
Dr. Th. Schwann.

Mit vier Kupfertafeln.

Berlin 1839.

Verlag der Sander'schen Buchhandlung.  
(G. K. Reimer.)

Титульный лист книги Т. Шванна «Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений».

XIX в. в связи с успехами микроскопической техники и открытием клеточных органоидов клеточная теория начинает подвергаться критике. Немалую роль в такой критике сыграла и проблема соотношения «части и целого», хотя основные постулаты клеточной теории оставались незыблемыми.

Критика клеточной теории в нашей стране носила специфический характер. Это было связано, в частности, с публикацией «Анти-Дюринга» и «Диалектики природы» Ф. Энгельса. Догматическое восприятие мысли Энгельса о том, что диалектика — наука не только о мышлении, но и о всеобщих законах движения и развития природы, а также известная общественно-политическая ситуация в стране в конце 20-х годов, обусловили обязательную оценку естественнонаучных работ с позиций диамата.



Р. Вирхов (1821—1902).

Многие ученые, часто из конъюнктурных соображений, стараясь быть в авангарде общественно-политической жизни тех лет, начали критиковать и пересматривать научные проблемы в духе диалектического материализма. Клеточная теория оказалась весьма благодатным материалом для подобного «пересмотра». Во-первых, Энгельс назвал ее в «Диалектике природы» одним из величайших достижений естествознания, а это уже обязывало проявить к ней повышенное внимание. Во-вторых, некоторые ее положения, в частности представление Вирхова о федерации клеток, действительно могли быть истолкованы механистически. А так как всякое проявление жизни должно было теперь рассматриваться «по Энгельсу», т. е. в движении и развитии, считалось необходимым обосновать клеточную теорию с диалектических позиций.

Пионером такого обоснования методологических основ клеточной теории выступила О. Б. Лепешинская, известный партийный деятель, работавшая тогда в гистологической лаборатории Биологического института им. К. А. Тимирязева<sup>4</sup>. Выход ее первой критической статьи в 1932 г. совпал с выступлениями в печати А. В. Немилова, В. Я. Рубашкина и З. С. Кацнельсона, рас-

сматривавших клеточную теорию как метафизическую и механистическую (хотя эти авторы не отрицали наличия клеточных структур и тем более образования клеток делением).

Лепешинская со своей критикой, как говорится, попала в «общую струю». Отправным пунктом ее изысканий стала большая работа «К вопросу о новообразовании клеток в животном организме», основанная на собственных данных, полученных на курином эмбрионе.

Хотя в этой работе Лепешинская еще называет клеточную теорию Вирхова «необычайно прогрессивной для своего времени... поставившей всю патологию и практическую медицину на новый плодотворный путь изучения организма в связи с изменениями клеток», она тут же предлагает пересмотреть ее коренным образом<sup>5</sup>.

В чем же заключались основные выводы Лепешинской, сделанные в этой работе и без особых изменений перекочевавшие впоследствии на страницы всех ее последующих произведений?

Опираясь на биогенетический закон Э. Геккеля, она предположила, что в организме имеются неоформленные протоплазматические образования типа гипотетических «монер» Геккеля, которые трансформируются в клетки. Таким «живым веществом» Лепешинская считает желток, из которого якобы развиваются кровяные клетки. Значит, неправ Вирхов, утверждавший возможность образования клеток только из клеток, элементарных морфологических элементов, способных к жизнедеятельности.

Через год появляется новая статья Лепешинской, где она вводит понятие онтогенеза клетки (существование ее от эмбриональной стадии внутри другой клетки до смерти). Начало онтогенеза клетки, по Лепешинской, — в живой протоплазме и ее изменениях.

Идентифицируя желточные шары с живым веществом, Лепешинская определяет их как комок протоплазмы, осложненный содержанием в нем распыленного ядерного вещества. Говоря о происхождении

<sup>4</sup> О. Б. Лепешинская (1871—1963) в свое время окончила частные медицинские курсы и в 1915 г., выдержав экзамены в Московском университете, получила диплом лекаря. Член РСДРП с 1898 г. Наукой начала заниматься лишь с 1920 г. в возрасте 49 лет. В 1936 г. она работала в цитологической лаборатории Всесоюзного института экспериментальной медицины, а с 1949 г. возглавляла отдел развития живого вещества в Институте экспериментальной биологии АМН СССР.

<sup>5</sup> Лепешинская О. Б. // Биол. журн. 1934. Т. III. № 2. С. 233—254.

клеток, она почти буквально воспроизводит воззрения Шванна и Шлейдена середины XIX в.: «...всякая клетка зарождается из протоплазмы другой клетки, но одни клетки... рождаются путем кариокинетического деления, а другие образуются из протоплазмы без деления самой клетки, внутри ее»<sup>6</sup>.

В 1937 г. Лепешинская стала искать поддержку своих работ за рубежом. Она обратилась к известному американскому эмбриологу Ч. Чайлду, создателю онтогенетической теории физиологических градиентов, чрезвычайно популярной в 30-х годах. Нам удалось обнаружить в Архиве АН СССР ответ Чайлда от 4 мая 1938 г. на письмо Лепешинской, из которого ясно, что американский ученый понимал истинную цену «революционных» выводов Лепешинской. Любезно говоря, что находит ее опыты интересными, Чайлд пишет: «Однако, результаты их столь революционны в свете существующих воззрений, что я боюсь, биологи не смогут принять их»<sup>7</sup>. Однако подобное замечание ничуть не смутило Лепешинскую: в 1945 г. в заключительном абзаце своей книги она написала, что «подобная работа, о которой американский ученый Чайлд выразился как "о революционной работе", могла быть выполнена только в Советской стране...»<sup>8</sup>

В 1939 г. к 100-летию клеточного учения выходит новая статья Лепешинской «Происхождение клетки», в которой она подводит итог своих экспериментов и теоретических обобщений. Называя своим предшественником крупнейшего швейцарского анатома и эмбриолога В. Гиса, она, однако, не замечает, что его наблюдения образующихся кровяных островков внутри желточного мешка были вызваны несовершенством методики окрашивания и что сам автор уже в конце XIX в. отказался от этих ошибочных взглядов. Ссылаясь на работы русского гистолога М. Д. Лавдовского, одного из авторов руководства по микроскопической анатомии, предполагавшего возможность клеткообразования из желтка, она снова «забывает», что эти воззрения были отвергнуты в начале века.

В этой статье Лепешинская, возрождая давно пересмотренные взгляды Шванна и Шлейдена, даже возводит их в ранг

эволюционистов, произвольно путая хронологию. Прикрываясь необходимостью эволюционных подходов к любым явлениям жизни, Лепешинская здесь уже навешивает политический ярлык на своих критиков: «Важнейший участок эволюционного учения — происхождение клеток из живого вещества — считается некоторыми реакционными учеными из современных биологов преднаучной фантазией, не подлежащей изучению (Кольцов, Навашин, Токин)»<sup>9</sup>.

Более того, в этой работе она впервые указывает на практические приложения своей теории: во-первых, лечение ран выскабливанием (так якобы прибавляется количество «живого вещества», заживляющего рану) и, во-вторых, изучение отличий «живого вещества» в раковых и нормальных клетках для решения проблемы опухолей. Так она пыталась привлечь внимание медиков. Тем не менее эти публикации 30-х годов вызвали резкую критику.

В 1934 г. Н. К. Кольцов, будучи редактором «Биологического журнала», публикуя статью Лепешинской, счел необходимым сопроводить ее своей: «Возможно ли самозарождение ядра и клетки?». Не называя прямо фамилии Лепешинской, он на большом фактическом материале убедительно показал, что как невозможно самозарождение бактерий, опровергнутое Пастером, так невозможно и самозарождение ядра и клетки»<sup>10</sup>.

В возникшей полемике с Лепешинской директор Биологического института Б. П. Токин, отмечает, что «поскольку речь идет об образовании de novo клеток современных организмов, являющихся продуктом длительного хода эволюции, дискутировать не о чем, так как такие идеи являются давно пройденным младенческим этапом в развитии науки и стоят сейчас за ее пределами»<sup>11</sup>.

Если Токин коснулся «эволюционных» воззрений Лепешинской на клетку, то М. С. Навашин, говоря о мутациях как факторе эволюции, писал, что «"теория" Лепешинской пытается поколебать хромосомную теорию наследственности» и что полная беспочвенность такой попытки «ясна уже из того, что здесь не дается никакого... объяснения явлений наследственности на основе самозарождения клетки и ее ядра,

<sup>6</sup> Лепешинская О. Б. // Архив анат., гистол. и эмбриол. 1935(а). № 4. С. 629—645.

<sup>7</sup> Архив АН СССР. Ф. 1588. Оп. 1. № 93. Л. 14.

<sup>8</sup> Лепешинская О. Б. Происхождение клеток из живого вещества и роль живого вещества в организме. М.; Л., 1945.

<sup>9</sup> Лепешинская О. Б. // Под знаменем марксизма. 1939. № 5. С. 131.

<sup>10</sup> Кольцов Н. К. // Биол. журн. 1934. Т. III. № 2. С. 255—260.

<sup>11</sup> Токин Б. П. // Под знаменем марксизма. 1936. № 8. С. 166.

т. е. мы встречаемся с полным отрывом от научной теории... и в истории науки мы знаем десятки примеров, когда сенсационные открытия являлись плодом простых ошибок наблюдения»<sup>12</sup>.

Несмотря на критику таких авторитетных ученых, в конце 1938 г. Лепешинская представляет в Медгиз свою рукопись с отзывом заведующего кафедрой патологической анатомии 1-го Московского медицинского института А. И. Абрикосова: «По вопросу о допущении книги О. Б. Лепешинской к печати не может быть двух мнений. Тема в высшей степени интересна и вполне современна. Структура работы логически выдержана, собственные наблюдения в высшей степени важны, книга должна быть напечатана»<sup>13</sup>.

Однако из-за отрицательной рецензии заведующего лабораторией эволюционной гистологии Института морфологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР А. В. Румянцева рукопись отклонили.

Мы так подробно приводим критику работ Лепешинской тех лет, чтобы показать, что вовсе не все ученые относились к ее работам «как к комическому вздору», как считает, например, В. Я. Александров<sup>14</sup>. Да и можно ли было насмеяться над автором, утверждавшим, что ее работы — крупное достижение науки, против которого борются представители буржуазной науки, сохранившиеся еще в СССР.

В 1939 г. ведущие советские гистологи А. А. Заварзин, Д. Н. Насонов, Н. Г. Хлопин справедливо отметили методологически неверное противопоставление «живого вещества» клетке, из-за чего для Лепешинской и возникли две проблемы: первая — возникновение клеток из живого вещества и вторая — возникновение самого живого вещества. Между тем возникновение живого вещества «есть одновременно и проблема клеточной его организации. Живое вещество в современной обстановке есть вещество клеточного тела в его так или иначе организованном виде. Всякое иное представление о живом веществе будет чистойшей метафизикой»<sup>15</sup>. Указывая на методическое несовершенство экспериментальных работ Лепешинской (например, неправильно окрашенные и плохо приготовленные препараты), а также ошибочность ее «теоре-

тических» выводов, они заключают, что «во всех этих работах вместо точных фактов читателю преподносятся плоды фантазии автора, фактически стоящей на уровне науки конца XVIII или самого начала XIX века».

В конце статьи отмечается, что все ученые, которых Лепешинская обвинила в предвзятом отношении к ее работам, «должны сознаться в одной большой вине, а именно: что своим попустительством способствовали тому, что О. Б. Лепешинская могла развивать свою ненаучную деятельность столько времени, и не сумели направить ее энергию по руслу какой-нибудь другой, действительно научной проблемы»<sup>16</sup>.

Однако, несмотря на всю разумную критику, Лепешинской все же удалось осуществить свой замысел: в 1945 г. в Издательстве АН СССР вышла ее монография, где были сведены воедино все предыдущие публикации по происхождению клеток из живого вещества и ее взгляды на самозарождение живых существ. Книга появилась в печати благодаря поддержке директора издательства, старейшего члена партии, друга семьи Лепешинских, Ф. Н. Петрова (1876—1973), считавшего своим долгом помочь старому большевику, заслуженному члену партии, соратнику Ленина.

Нет нужды приводить цитаты из этой книги, тем более что ничего нового по сравнению с предыдущими публикациями она не содержит. Остановимся лишь на одном утверждении: «Наследственные качества передаются не хромосомами, являющимися органоидами клетки, которые, как мы уже говорили, сами передаются по наследству... Передача наследственных качеств есть более сложный процесс и зависит от физико-химико-биологической структуры всей клетки, от всего организма в целом, от внешней среды и от социальных условий»<sup>17</sup>.

В этом вопросе Лепешинская легко нашла общий язык с Лысенко, который, естественно, согласился написать малограмотное невразумительное предисловие к книге, сообщая, что «овладев методикой, разработанной О. Б. Лепешинской, эксперименты можно успешно повторять много раз и самому убедиться в том, что как клетка, так и все ее содержимое (?) ...могут происходить не только из себе подобных, т. е. из клетки же. В известные моменты развития и жизни организма, а также его

<sup>12</sup> Навашин М. С. // Там же. № 6. С. 133—142.

<sup>13</sup> Архив АН СССР. Ф. 1588. Оп. 1. № 251. Л. 1.

<sup>14</sup> Александров В. Я. // Знание — сила. 1987. № 10. С. 72—80; № 12. С. 50—54; 1989. № 3. С. 76—78.

<sup>15</sup> Заварзин А. А., Насонов Д. Н., Хлопин Н. Г. // Архив биол. наук. 1939. Т. 56. Вып. 1. С. 85.

<sup>16</sup> Там же. С. 96.

<sup>17</sup> Лепешинская О. Б. Происхождение клеток из живого вещества... С. 207.

отдельных органов клетка может развиваться и не из клетки, а из соответствующих веществ, не имеющих структуры, при-сущей клетке»<sup>18</sup>.

Волею судеб редактором этой книги оказался один из авторов статьи (А. Е. Г.), работавший тогда в издательстве. Не в силах противостоять подготовке рукописи и тем более переубедить автора, он счел себя обязанным противодействовать изданию книги и направил письмо в Отдел науки ЦК ВКП(б), где пытался обосновать вред, который нанесет книга О. Б. Лепешинской нашей науке, и особенно биологии и медицине. Он указывал, что выводы Лепешинской угрожают эффективности применения общепринятых методов стерилизации и консервирования, а также борьбе с инфекционными заболеваниями.

Вопрос о судьбе издания решила Комиссия под председательством академика Г. Ф. Александрова — скромный тираж 1000 экземпляров с предисловием Лысенко.

После выхода книги в свет Лепешинская пыталась представить ее на соискание Сталинской премии 1946 г. Однако, несмотря на поддержку Петрова («книга О. Б. Лепешинской как оригинальный научный труд заслуживает самой высокой оценки и достойна Сталинской премии»<sup>19</sup>), она была отклонена.

Но Лепешинская продолжала борьбу за второе (дополненное) издание книги. В Архиве АН СССР хранятся два анонимных отзыва на подготовленную ко второму изданию рукопись. В одном из них, названном «Заключение» и принадлежащем, по мнению Лепешинской, академику АМН СССР Д. Н. Насонову, читаем:

«1. Рукопись отличается лишь небольшими дополнениями от 1-го издания 1945 г.

2. Эта тема была актуальна 100 лет тому назад, уже к концу прошлого века она окончательно утратила свою актуальность.

3. Совершенно расходится с данными современной науки.

4. Совершенно недостаточная осведомленность в биологии, и в частности, в фактических данных, с которыми работает автор. Рукопись не пригодна: не имеет научного интереса»<sup>20</sup>. (Нам не удалось установить, куда и когда было направлено это «Заключение».)

Во второй рецензии, представленной в издательство АМН СССР и написанной, согласно пометке Лепешинской, действительным членом АМН СССР Н. Г. Хлопиным, имеются данные, позволяющие установить время ее написания. «В настоящее время критическая статья об этой книге, составленная коллективом компетентнейших исследователей, уже готова и подвергается коллективному редактированию. Думаю, что она могла бы послужить для Вас рецензией, в которой Вы заинтересованы». Очевидно, имеется в виду статья «Об одной ненаучной концепции»<sup>21</sup> 13 ленинградских биологов во главе с Н. Г. Хлопиным.

«Статья 13-ти», в сущности, повторяла основные критические замечания, уже высказанные ранее в адрес Лепешинской. В ней отмечались полная биологическая безграмотность автора, применение допотопных методов, недопустимая трактовка биогенетического закона.

Лепешинская, обладавшая незаурядными «пробивными» качествами, старалась найти поддержку и защиту у Сталина. В архиве АН СССР хранится копия ее «Письма генеральному секретарю ЦК ВКП(б) И. В. Сталину по вопросам организации работ по изучению живого вещества» (без даты): «Дорогой Иосиф Виссарионович! В течение нескольких лет я пыталась собственными силами победить те препятствия, которые ставили мне в научной работе не только реакционные, стоящие на идеалистической или механистической позиции ученые, но и те товарищи, которые идут у них на поводу... Работы, являющиеся продолжением моих прежних работ, получивших высокую оценку со стороны тов. Лысенко, выходя из моей лаборатории, залеживаются в архивах редакций, не читаются и не ставятся на доклады»<sup>22</sup>. Это письмо могло быть отправлено между 1945 и 1948 гг. (до сессии ВАСХНИЛ). Второе письмо к Сталину содержит просьбу о приеме. Она хотела лично высказать вождю свое мнение «по поводу о борьбе монополистов против передовой науки и, в частности, против новаторов науки».

Но ей не пришлось добиваться аудиенции у вождя. Обстоятельства благоприятствовали ей и ее покровителю Лысенко. Не прошло и месяца после выступления 13 биологов, как на злойшей августовской сессии ВАСХНИЛ 1948 г. была разгромлена классическая генетика. Не подлежит сомне-

<sup>18</sup> Там же. С. 3.

<sup>19</sup> Архив АН СССР. Ф. 1588. Оп. 1. № 251. Л. 8.

<sup>20</sup> Там же. Л. 6.

<sup>21</sup> Там же. Л. 15.

<sup>22</sup> Там же. № 114. Л. 1.

нию, что эта сессия и сыграла решающую роль в поддержке «учения» Лепешинской о «живом веществе». Более того, взгляды Лепешинской становились одним из основных положений «передовой мичуринской биологии», что отразилось уже в ее ответе на статью 13 биологов.

Яркой иллюстрацией торжества ее учения о «живом веществе» служит стенограмма совместной комиссии АН СССР и АМН СССР по организации совещания для обсуждения работ О. Б. Лепешинской, состоявшейся 22—24 мая 1950 г. Председателем комиссии был академик-секретарь Отделения биологических наук АН СССР А. И. Опарин; в ее состав входили: директор Института морфологии животных АН СССР проф. Г. К. Хрущов, директор Института экспериментальной биологии АМН СССР, вице-президент АМН СССР Н. Н. Жуков-Вережников, академик-секретарь Отделения медико-биологических наук АМН СССР С. Е. Северин, сотрудник Отдела науки ЦК ВКП(б) М. Ф. Женихова, сотрудник лаборатории гистологии Института экспериментальной биологии АМН СССР О. П. Лепешинская (дочь О. Б. Лепешинской) и научный сотрудник Института микробиологии АН СССР Я. И. Раутенштейн (секретарь комиссии).

Уже во вступительном слове Опарин, формулируя задачу, поставленную перед совещанием, сразу связал ее с разгромом генетики в СССР на августовской сессии ВАСХНИЛ 1948 г., утверждая, что «попытка построения живых систем... возможна только в Советском Союзе. Нигде в капиталистическом мире принципиально не могут быть осуществлены такого рода попытки, просто уже вследствие определенной идеологической установки... я вижу задачу этого Совещания в критике и разрушении предвзятых идей, последнего оплота менделизма в нашей стране — вирховской трактовки учения о клетке...»

Лепешинская же сосредоточила огонь своей критики на идеологической порочности современного учения о клетке, объясняя это тем, что «многие ученые не руководствовались учением Маркса, Энгельса, Ленина и Сталина... опровергая Вирхова, мы одновременно отрицаем и вейсманизм, менделизм и морганизм, которые построены на основе идеалистического учения Вирхова». Непрерывно славословя «непревзойденного гения науки» Сталина, Лепешинская недвусмысленно предупреждает, что «последователи Вирхова, Вейсмана, Менделя и Моргана... являются проповедни-

ками лженаучных вещаний буржуазных эвгеников и всяких извращений в генетике, на почве которых выросла расовая теория фашизма...»

В последовавших далее выступлениях не прозвучало ни одного голоса критики и сомнения в достоверности полученных Лепешинской и ее сотрудниками результатов. Всего на совещании выступило 26 ораторов. Среди них были: президент АМН СССР академик Н. Н. Аничков, действительные члены АМН СССР И. В. Давыдовский, Н. Н. Жуков-Вережников, С. Е. Северин, академики АН СССР Е. Н. Павловский, А. Д. Сперанский, Т. Д. Лысенко и многие другие.

Безоговорочное признание всеми выступавшими «открытий» Лепешинской, поразило даже самого автора этих «открытий»: «...я ожидала встретить со стороны многих энергичное сопротивление, но после той единственной поддержки, которую я встретила здесь, я вижу, насколько глубоко я ошибалась». Окрыленная успехом, Лепешинская считает «необходимым организовать специальный Институт для изучения проблемы происхождения жизни» и указывает, что «перед всеми нами стоит еще большая задача перевоспитания части наших ученых, являющихся последователями Вирхова, Вейсмана, Менделя и Моргана, ученых, которые не могут сжечь свои идеалистически построенные работы»<sup>23</sup>.

В принятой совещанием резолюции отмечалось, что необходимо «всемерное расширение исследовательской работы в области изучения развития клеток и неклеточной формы жизни» и рекомендовалось «биологам различных специальностей непосредственно включиться в разработку этой прогрессивной области науки о жизни... вести непримиримую борьбу со всеми пережитками вирховианства и другими идеалистическими течениями в биологии».

После совещания вышло в свет 2-е издание ее книги тиражом в 20 тыс. экз. Это издание, как справедливо отмечали упоминавшиеся рецензенты, мало чем отличалось от первого в научном отношении. Однако умело воспользовавшись результатами сессии ВАСХНИЛ 1948 г., Лепешинская клеймит своих критиков уже как вейсманистов-морганистов. В разделе «Дискуссия» она называет Н. К. Кольцова «матерым морганистом» (с. 179), а всех осталь-

<sup>23</sup> Совещание по проблеме живого вещества и развития клеток. 22—24 мая 1950 г. Стенографический отчет. М., 1951. С. 172—174.

ных — «антидарвинистами» и «антимарксистами» (с. 197). Приводя цитаты из «Анти-Дюринга» и «Диалектики природы» Энгельса, она произвольно толкует их, не заботясь о точности цитирования. С пафосом обрушивается она на своих критиков, которые указали на то, что она опустила конец фразы Энгельса, где он говорит, что «для органических клеточных образований — начиная от амебы... и кончая человеком, для всех них общим способом размножения клеток является деление»<sup>24</sup>. Отсутствие концовки полностью исказило смысл цитаты. В другом месте Лепешинская клеймит А. А. Заварзина как «вирховианца», приводя высказывание Энгельса, относящееся вовсе не к клеточной структуре живых существ, а к способности живого белка реагировать на внешние воздействия<sup>25</sup>.

Умело опираясь на авторитет отца народов, Лепешинская сделала его своим единомышленником. Пожалуй, именно цитаты и эпиграф из «Вопросов ленинизма» Сталина и сделали 2-е издание «дополненным». Если первое заканчивалось словами о том, что передовая революционная наука в нашей стране «находится под непосредственным покровительством нашего вождя, дорогого, всеми любимого, величайшего ученого тов. Сталина», то во втором эта фраза была «дополнена» «направляющей ролью» вождя в советской науке. Говоря о «качественной» разнице между живым веществом и клеткой, Лепешинская пишет, что она никогда не забывает «одного из основных законов диалектики, который сформулирован точно и ясно товарищем Сталиным...»

Осенью 1950 г. «за выдающиеся заслуги перед советской биологией» Лепешинской была присуждена Сталинская премия, присуждена досрочно (т. е. не в декабре, ко дню рождения Сталина, как обычно).

Стенографический отчет «Совещания по проблеме живого вещества» был издан годом позже. Здесь уместно вновь вернуться к воспоминаниям одного из авторов (А. Е. Г.), которого судьба вторично столкнула с Лепешинской.

В августе 1950 г. его зачислили в Отделение биологических наук на должность ученого секретаря Комиссии по истории биологических наук в СССР. Ему было поручено подготовить к печати стенограмму

«Совещания по проблеме живого вещества и развития клеток». Как было принято в то время, авторы утверждали гранки своих выступлений. Однако Лысенко, получивший, как и все, корректуру, заявил, что присланный ему текст искажен и что он такой чепухи говорить не мог. Приведем лишь некоторые высказывания из первоначального текста выступления Лысенко: «только непонимающие люди, и к их числу приходится отнести гистологов и цитологов... не задумывались над тем, каким путем получается яйцеклетка. (...) Разве, например, гусиное яйцо — это клетка? Поэтому не зря называют его яйцеклеткой. Хромосома из хромосомы, ген из гена — это чепуха. До сих пор многие думали, что рождь получается из ржи, свинья от свиньи, овца — только от овцы... (...) Теперь экспериментально доказано, сотни случаев есть... нашли настоящие зерна ржи из колосьев пшеницы... Рожь порождается пшеницей». Далее он приводит самый поразительный пример подобного «порождения» видов: «Михайлова взяла кочан капусты и пять лет этот кочан "мучила", зимой в теплице, летом в поле, не давала ему яровизироваться, не давала цвести, одним словом, как у нас называется, расшатала совсем наследственность у этого кочана. Затем подвергла воздействию холода. Когда он зацвел и дал семена, она взяла семена, рассаду высеяла и получила почти все разнообразие форм, которое мы имеем у крестоцветных. Получила кочанную капусту, цветную, брюссельскую и репу»<sup>26</sup>. Перечень подобных «перлов» Лысенко легко продолжить.

7 сентября 1951 г. Лысенко прислал новый, сильно сокращенный текст, отредактированный, видимо, его советниками, убравшими многие из приведенных «откровений». Опасаясь неточного воспроизведения измененного текста своего выступления, Лысенко поторопился еще до выхода отчета опубликовать его под названием «Работа О. Б. Лепешинской и превращение видов».

Издание отчета совещания окончательно утвердило лжеучение Лепешинской, которое вынуждены были поддержать многие виднейшие биологи и патологи.

В 1952 г. на конференции, посвященной проблеме развития клеточных и неклеточных форм живого вещества в свете теории О. Б. Лепешинской, организованной АМН СССР совместно с Отделением

<sup>24</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. XIV. С. 77. М.: Л., 1931.

<sup>25</sup> Там же. С. 460.

<sup>26</sup> Личный архив А. Е. Гайсиновича.

ВСЕСОЮЗНАЯ ОРДЕНА ЛЕНИНА  
АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК имени В. И. ЛЕНИНА

Москва, Б. Харитоньевский пер., 21

Телефон Б 3-26-51

№ \_\_\_\_\_ Д-1/5

7 сентября 1951 года 2.

Б. Калужскан, дом № 33  
Отделение Биологических Наук

тов. Гайсиновичу А. Е.

Вместо набранного ранее, мною не отредактированного текста моего выступления, прилагаю исправленный текст моего выступления на совещании по проблеме живого вещества и развития клетчатки, происходившем 22-24 мая 1950 года.  
Печатать только по этому тексту.

Мне непонятно, почему у всех авторов сняты звания или научные степени?

Одновременно возвращаю присланную мне верстку сборника.

АКАДЕМИК  Т. Д. ЛЫСЕНКО

При ответе обязательно сослаться на № и дату поступившего письма

Фотокопия письма Т. Д. Лысенко А. Е. Гайсиновичу.

биологических наук АН СССР, Лепешинская выдвинула два тезиса, не подлежащих критике: первый — «идеалистическая клеточная теория Вирхова задерживает развитие науки и продвижение ее вперед» и второй — «экспериментальным путем опровергнуты все идеалистические установки теории Вирхова и создана новая диалектико-материалистическая теория о происхождении всех клеток из живого вещества». Так советские гистологи были лишены возможности каких бы то ни было компромиссов с «вирховианством», ставшим столь же одиозным и расхожим эпитетом, как «вейсманизм-менделизм-морганизм».

Только после смерти Сталина в 1953 г. стала возможной проверка и критика фактических данных Лепешинской. Эта проверка показала полную методическую несостоятельность и теоретическую ошибочность ее «учения».

Первая по времени критическая статья Л. Н. Жинкина и В. П. Михайлова увидела

свет в 1955 г. Авторы критиковали лишь фактическое обоснование «клеточной теории» Лепешинской, не рассматривая современного состояния учения о клетке с философской точки зрения. Подробно разобрав работы Лепешинской и ее последователей Е. Е. Маловичко, Т. Н. Рупасовой, В. В. Авербурга, А. Н. Студитского, Н. С. Строганова, Б. А. Езданяна, А. В. Абуладзе и др., авторы показали абсурдность их выводов, относящихся к клеточному делению, регенерации мышечных клеток, развитию половых клеток (!) из «живого вещества». Они заключили, что «новая клеточная теория», созданная О. Б. Лепешинской и широко пропагандируемая рядом современных ученых, фактически не обоснована и ни в какой мере не является передовой»<sup>27</sup>.

Так постепенно в 1955—1958 гг. опровергалось «учение» о «живом веществе» и восстанавливалась в правах клеточная теория в классической интерпретации Р. Вирхова.

<sup>27</sup> Жинкин Л. Н., Михайлов В. П. // Успехи соврем. биол. 1955. Т. 39. Вып. 2. С. 228—244.

## Памяти А. Е. Гайсиновича

Когда готовилась публикация статьи, один из ее авторов Абба Евсеевич Гайсинович внезапно скончался. Внезапно, несмотря на его 82 года и букет всевозможных болезней, без кавычек. До последнего дня этот неутомимый «Пимен биологии» работал методично, страстно, неустанно и необычайно плодотворно. Будучи почти слепым, он завершил с помощью верного друга, жены «еще одно последнее сказание» — «Зарождение и развитие генетики»<sup>1</sup>.

Автор классических исследований о К. Ф. Вольфе, К. Бэре, И. И. Мечникове, Г. Менделе и его предшественниках, досконально знавший биологию и генетику не только снаружи, но и изнутри (он был одним из «птенцов гнезда Кольцова», учеником наших выдающихся генетиков С. С. Четверикова и А. С. Серебровского), энциклопедически образованный, знавший в биологии почти все обо всех, он, по пушкинской формуле «на старости я сызнава живу», обратился к обнажению корней тех печальных явлений в жизни нашей биологии, которые свели ее с передовых мировых позиций на провинциальный уровень.

Высокая гражданственность и глубокая профессиональная боль за многострадальную генетику, как «одна, но



Абба Евсеевич Гайсинович.  
16[29].X 1906—30.VII 1989

пламенная страсть» заставили его изменить холодному академизму и ступить на путь популяризатора науки. Печатаясь в «Природе», он разоблачал и клеймил ловкачей от науки и невежд, объяснял читателю, как они, выражаясь словами Г. Лихтенберга, своими «тонкими неверными замечаниями препятствуют постижению истины»<sup>2</sup>.

Историки науки, будем откровенны перед памятью не нуждающегося в снисхождении человеческого характера А. Е. Гайсиновича, относились к своему коллеге как к назойливому возмутителю их respectableного спокойствия. Многим из них он создавал дискомфорт своей непримиримостью не только к существовавшим, но и незначительным ошибкам и промахам. Но он был к ним так же беспощаден, как и к самому себе. Он очень страдал от им же созданной самоизоляции, но своим «верую» поступиться не мог. Теперь Гайсиновича нет, и многие из них могут издаваться спокойно. Но можем ли успокоиться этим миром и мы?

Когда умер Н. К. Кольцов, его выдающийся современник А. Г. Гурвич сказал: «Умер последний биолог!» Кончина Аббы Евсеевича Гайсиновича самоотийно наводит на парфраз: «Умер последний историк биологии!» Во всяком случае, мы в «Природе» другого такого энциклопедиста не знаем.

В. М. Польшин

<sup>1</sup> Гайсинович А. Е. Зарождение и развитие генетики. М., 1988.

<sup>2</sup> См., напр.: Гайсинович А. Е. Восприятие менделизма в России

и его роль в развитии дарвинизма // Природа. 1982. № 9. С. 42—52; Он же. Тернистый путь советской генетики // Природа. 1988. № 5. С. 73—81; Гайсинович А. Е., Россияно в К. О. Н. К. Кольцов и лысенковщина // Природа. 1989. № 5. С. 86—95; № 6. С. 95—103.

Космические исследования.

## Космическая вулканология

Датчики теплового излучения, установленные на борту американского спутника «Landsat», в течение ряда лет собирают ценную информацию, которая может быть использована для фундаментальных вулканологических исследований и прогноза извержений.

Международная группа ученых, созданная Институтом изучения Луны и планет (Хьюстон, штат Техас, США) совместно с Открытым университетом (Милтон-Кейнс, Великобритания), обработала данные за 1984—1987 гг. Анализ космических изображений показал, что инфракрасное излучение, выделяющееся в районах активного вулканизма, существенно отличается от фиксируемого спутником над другими областями.

Особенно интересны данные, полученные в одном из северных районов Чили. Стало очевидным, что расположенный здесь вулкан находится в стадии подготовки к извержению. (Установлено также, что другие вулканы этого района ныне «дремлют», но не погасли.)

Тепловой поток, излучаемый вулканом, в 1986 г. резко сократился, а затем последовало сильное извержение. Это подтвердило предположения, согласно которым вулканы подобного типа могут взрывообразно извергаться, когда значительное количество воды с поверхности Земли достигает области сосредоточения расплавленных пород в его недрах. Обычно циркуляция подповерхностных вод охлаждает вулкан. Однако, если нормальная циркуляция влаги блокируется и ее отток нарушается, наступает кипение, вызывающее в закрытом пространстве мощный взрыв.

Космические наблюдения

вулкана Эрта-Але в Эфиопии позволили по-новому определить параметры теплового потока из его недр и на поверхности Земли. В кратере вулкана имеется несколько лавовых озер, тепловой поток от которых не менее 30 млн Вт. По оценкам 1973 г. называлась величина около 70 млн Вт. Неясно, произошли ли с тех пор изменения, или дело в том, что применен новый — космический — метод измерений.

Специалисты разрабатывают методику постоянных и широкомасштабных наблюдений теплового потока в вулканических районах со спутников. Это позволит создать более надежный прогноз вулканических катастроф, хотя точность его сегодня вряд ли сможет быть доведена до суток или хотя бы недели.

Nature. 1989. Vol. 338. № 6211. P. 144 (Великобритания).

Космические исследования

## Уровень океана измеряется из космоса

Начало измерениям уровня океана из космоса положил американский спутник «Seasat» в 1978 г. Полученные им данные оказались чрезвычайно полезными для изучения гравиметрических характеристик, движения тектонических плит, а также процессов циркуляции океанических вод в глобальном масштабе.

Однако через 3 мес после начала эксперимент был прерван в связи с выходом из строя оборудования. В 1986 г. программу продолжил американский спутник «Geosat-ERM», в орбитальную программу которого внесли изменения. Разрешающая способность его альтиметра больше, чем у «Seasat», особенно при наблюдениях в высоких широтах,

где паковые льды снижают качество изображений. «Geosat-ERM» проходит над одной и той же точкой с интервалом 17,05 сут, что позволяет следить за изменениями топографии поверхности океана с амплитудой в несколько сантиметров и на расстояниях в сотни километров. Получена серия изображений, смещенных друг относительно друга на 1,5° по долготе; полоса наблюдений охватывает область между 72° с. ш. и 72° ю. ш.

Сейчас завершена обработка данных, полученных с 3 декабря 1986 г. по 6 мая 1987 г. Обнаружены полосы резкого перепада уровня в Тихом океане, к северу от экватора. (Аналогичное явление ранее наблюдалось в тех же широтах Атлантики.)

Полоса низкого уровня воды протянулась примерно вдоль 10° с. ш., к югу от нее идет область высокого уровня. В результате наблюдается резкое, направленное на север, падение уровня океана. Максимум падения зафиксирован 12 декабря 1986 г.

По мнению океанографов, падение связано с так называемым Северным экваториальным противотечением — мощным потоком, перемещающимся на восток, навстречу господствующим пассатам. Вместо того чтобы направляться «вниз», на север, течение приобтает геострофическую уравновешенность: под влиянием вращения Земли оно отклоняется вправо. В начале года противотечение и перепад высот океанической поверхности ослабевают, что отчетливо прослеживается на космических снимках.

Кроме того, установлено, что существует меняющая свое местонахождение полоса низкого уровня моря, начинающаяся в западной части экваториальной зоны Тихого океана и к концу апреля достигающая его восточной области. Понижение зеркала вод идет параллельно с умень-

шением толщины слоя теплой воды у поверхности и падением ее температуры. Поэтому нередко наивысшая температура на востоке экваториальной области Тихого океана наблюдается в начале года, а весной следует быстрое похолодание. На космических снимках различимы пульсации, перемещающиеся вдоль экватора на восток и, возможно, вызывающие похолодание.

Lamont Newsletter. 1988. № 17. P. 6 (США)

Астрофизика

**Ионный полярный «дождь»**

В середине 70-х годов ученые установили, что электроны солнечного ветра способны «навиваться» на силовые линии магнитного поля Земли и, следуя по ним, проникать в полярные шапки планеты и «высыпаться» в ионосферу, образуя полярные электронные «дожди». По логике, такой же способностью должна обладать и протонная составляющая солнечного ветра; однако до сих пор имелось лишь одно наблюдательное подтверждение этого, да и то слабое.

Недавно космофизики П. Ньюэлл и Чин Мэн (P. T. Newell, Ching Meng; Лаборатория прикладной физики им. Дж. Гопкинса, Лорел, штат Мэриленд, США) обнаружили второй такой случай, причем на этот раз весьма убедительный. Изучая данные, полученные приборами двух космических аппаратов, находившихся на полярных орбитах, они обратили внимание на зарегистрированный 10 декабря 1983 г. на высоте примерно 800 км над полюсами крупный «рой» положительных ионов. Поток ионов был почти в 10 раз более мощным, чем при первом наблюдении ионного полярного «дождя».

Продолжая анализ спутниковой информации, авторы нашли еще несколько случаев ионных «дождей», которые, по видимому, состояли в основном из протонов.

Не совсем ясно, как частицам солнечного ветра удастся проникнуть сквозь магнитоплаузу — границу магнитосферы Земли, представляющую для них труднопреодолимый барьер. Согласно одной из гипотез, эти частицы вначале облетают планету, а затем проникают к ее поверхности с другой стороны, где барьер может быть слабее. Так как электроны обладают большей скоростью, им проще осуществить подобный «маневр», чем медленным ионам. Это могло бы объяснить, почему ионный «дождь» — явление значительно более редкое, чем электронный.

В любом случае, явление очень интересно и требует дальнейшего изучения, так как прямое поступление солнечной плазмы к Земле имеет важное значение для общей проблемы солнечно-земных связей.

Science News. 1988. Vol. 134. № 15. P. 238 (США).

Астрофизика

**Солнце продолжает «бушевать»**

В марте 1989 г. на Солнце продолжались весьма интенсивные вспышки, которые, возможно, побьют «рекорды», зарегистрированные за все время исследования подобных явлений. По наблюдениям, которые провели М. Эбботт и П. Макинтош (M. Abbot, P. McIntosh; Обсерватория в Боулдере, штат Колорадо, США) с сотрудниками, признаков затухания солнечной активности нет. Пик активности нынешнего 11-летнего цикла ожидается в конце 1989 г. — начале 1990 г. Однако максимальные показатели, зарегистрированные в Международном геофизический год (1957), уже достигнуты.

Гигантская вспышка 10 марта 1989 г. привела к резкому изменению магнитного поля Земли, повлекшему за собой крупные нарушения радиосвязи, а также серию полярных сияний, которые охватили многие районы.

Вначале источником вспышек была активная группа из 75—100 солнечных пятен, появившихся 6 марта на восточной части солнечного диска. Еще две серии вспышек последовали 9 и 10 марта, причем вторая была беспрецедентно сильной.

Вспышка 10 марта возникла как раз в момент, когда породившая ее группа пятен находилась точно напротив Земли. Выброшенные во время нее заряженные частицы вызвали мощную геомагнитную бурю, разразившуюся 12—13 марта и сопровождавшуюся яркими полярными сияниями в обоих полушариях Земли. Они распространились необычно далеко от полярных областей и наблюдались даже в Техасе (юг США) и Квинсленде (Австралия), т. е. недалеко от экватора.

Активность Солнца специалисты измеряют по числу пятен. До сих пор рекордным считался 1957 год, когда в среднем за месяц их было 250. К середине марта 1989 г. это число уже приблизилось к 200.

New Scientist. 1989. Vol. 121. № 1657. P. 19 (Великобритания).

Планетология

**Тритон затемняется**

Сведения о Тритоне — крупном спутнике Нептуна — все еще весьма неточные и разрозненные. Даже данные о его диаметре различаются почти вдвое — от 2200 до 4800 км. Кроме того, ось вращения спутника, резко наклоненная к плоскости орбиты, вызывает необычные сезонные вариации в его атмосфере.

Дж. Стансберри, Дж. Лунин и М. Томаско (J. Stansberry, J. I. Lunine, M. G. Tomasco; Университет штата Аризона, Тусон, США) обнаружили, что с 1975 г., когда впервые начались спектроскопические исследования Тритона, оптическая глубина (т. е. мера непрозрачности) его атмосферы возросла примерно в 10 раз: если в начале наблюдений она составляла 0,06, то сейчас уже равна 0,6.

По мнению американских астрономов, причина столь странного поведения атмосферы заключается в том, что южнополярная область Тритона сейчас все больше «смотрит» в сторону Солнца, поэтому усиливается испарение веществ, находившихся ранее в охлажденном состоянии, что, в свою очередь, может изменять газовый состав воздушной оболочки, а с ним — и степень ее прозрачности.

Насколько это предположение верно, трудно установить путем наблюдений с Земли. Астрономы возлагают надежды на пролет осенью 1989 г. вблизи Нептуна и Тритона автоматической межпланетной станции «Вояджер-2». Лишь после сложного и длительного процесса обработки данных, которые получат приборы «Вояджера», можно будет судить об атмосфере Тритона и даже о его «географии», если только его газовая оболочка не помешает рассмотреть поверхность.

Science News. 1989. Vol. 135. № 12. P. 191 (США).

#### Физика атмосферы

### К механизму образования стратосферного озона

Проблема озонных дыр стимулирует интерес к исследованию механизма образования озона и динамики его пространственно-временного распределения в стратосфере Земли. Основной до последнего времени была фотохимическая теория стратосферного озона, в которой в последние годы были учтены процессы крупномасштабного переноса и нисходящих вертикальных движений. Тем не менее эта теория не давала ответа на все вопросы. Так, она не объясняла весенний максимум концентрации озона в полярных и субполярных областях.

Дело в том, что во время полярной ночи солнечная радиация, ответственная за образование озона, отсутствует. В нижней стратосфере в полярных районах консервативность озона (т. е. время, в течение которого содержание озона не меняется)

в зависимости от высоты составляет от 100 до 500 сут. При таких временах, если следовать фотохимической теории, содержание озона в полярной стратосфере до весны должно сохраниться на осеннем уровне. В действительности же во время полярной ночи происходит рост общего содержания озона от осени к весне. Объяснить это можно только наличием в полярной стратосфере дополнительного источника озона, отличного от фотохимического.

По мнению сотрудников Ленинградского гидрометеорологического института, весенний максимум озона можно объяснить воздействием на озоносферу галактических космических лучей, причем необходимо учитывать также специфику структуры магнитного поля Земли. Механизмом образования озона может быть радиолиз молекулярного кислорода протонами, входящими в состав галактических космических лучей. Дополнительная причина весеннего максимума — накопление озона в полярной стратосфере от осени к весне за счет консервативности. При этом круговая циркуляция воздуха (циркумполярный стратосферный циклон)<sup>1</sup> во время полярной ночи удерживает весенний максимум озона примерно в климатических границах арктической воздушной массы.

Для обоснования предложенного механизма были выполнены расчеты, согласно которым максимальная скорость образования озона под действием галактических космических лучей характерна для высоты 15 км и составляет  $6 \cdot 10^4$  молекул  $\times$   $\text{см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$ . Общее содержание озона (проинтегрированное по вертикальному столбу атмосферы) к весне должно достигать  $2 \cdot 10^{18}$  молекул  $\cdot \text{см}^{-3}$ , что в среднем согласуется с результатами наблюдений.

Предложенный механизм не противоречит и существованию над Антарктидой озонной дыры, которая, согласно ему,

образуется в результате особых вертикальных движений в циркумполярном вихре.

Доклады АН СССР. 1989. Т. 305. № 4. С. 825—828.

#### Физика атмосферы

### Гигантские пылевые частицы

Американские исследователи во главе с П. Бетцером (P. Betzer; Университет Южной Флориды), беря пробы воды и воздуха, обнаружили гигантские пылевые частицы (до 70 мкм), поднятые мощной пылевой бурей в Китае, в районе Гавайских о-вов: у островов Мидуэй и Оаху, а также в 400 милях к северу от о. Хило.

Обычные пылевые частицы, поднимаясь ветром в атмосферу и переносимые на тысячи километров, имеют диаметр до 16 мкм, и это не противоречит расчетам, до сих пор подтверждавшимся наблюдениями. Существующие теории атмосферного переноса не в состоянии объяснить, как частицы в 4 раза более тяжелые могут перемещаться на такие расстояния.

Environment. 1989. Vol. 31. № 1. P. 24 (США).

#### Химия атмосферы

### Растет выброс углекислого газа

Д. Фиск (D. Fisk; Министерство охраны природной среды Великобритании) опубликовал данные, согласно которым выброс двуокиси углерода в атмосферу между 1950 и 1980 гг. возрос в развивающихся странах на 586 %, в Советском Союзе и странах Восточной Европы на 337 %, в Северной Америке на 91 % и в Западной Европе на 125 %.

В Великобритании за три года — 1985, 1986, 1987 — поступление  $\text{CO}_2$  в воздушное пространство увеличилось на 18 млн т и достигло 171 млн т. Однако это количество заметно ниже

<sup>1</sup> Подробнее об этом циклоне см.: Цигельницкий И. И. Вокруг озонной дыры // Природа. 1988. № 4. С. 93—96.

«рекордного» 1979 г., когда оно составляло 190 млн т. Вклад Великобритании в мировое количество выбрасываемого углекислого газа составляет около 3 %.

Основным «поставщиком»  $\text{CO}_2$  в Великобритании служат тепловые электростанции (37 % общей массы), за ними следуют заводы и фабрики (почти 20 %), транспорт (16 %), бытовые отопительные устройства (14 %) и иные источники — около 13 %.

По мнению автора, чтобы уменьшить содержание в атмосфере  $\text{CO}_2$  (вызывающего парниковый эффект), необходимо сочетать рост производства атомной энергии с повышением эффективности других отраслей энергетики и применением возобновляемых источников (ветра, волн, солнца и т. п.).

Как считает Фиск, таяние льдов и растущий с температурой уровень Мирового океана способны настолько нарушить стабильность ледникового покрова Западной Антарктиды, что он «уйдет» в море. Не исключено, что увеличение осадков в виде снега, вызванное усилением испарения с поверхности «теплого» океана, приведет к росту массивности и прочности ледникового щита и шельфов Антарктиды.

New Scientist. 1988. Vol. 121. № 1656. P. 33 (Великобритания).

#### Химия атмосферы

### Роль закиси азота оспаривается

Закись азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ), или «веселящий газ», — активный участник создания парникового эффекта. Кроме того, он способствует разрушению атмосферного озона. Поскольку за последнее время содержание  $\text{N}_2\text{O}$  в атмосфере возрастает примерно на 0,2—0,3 % в год, специалисты пытаются установить, какую роль в этом играют те или иные его источники. Считалось, что главный «поставщик»  $\text{N}_2\text{O}$  — тепловые электростанции, в основном те, которые работают на каменном угле. Как полагали, их выброс составляет около тре-

ти всей закиси азота, содержащейся в атмосфере.

С опровержением подобного мнения выступили Л. Мьюзио (L. Musio; корпорация «Фоссил энержи дисерч», Лагуна-Хиллс, штат Калифорния, США) и Дж. Кремлич (J. Kramlich; корпорация «Энвайрнментал дисерч», Ирвин, штат Калифорния). Они утверждают, что все проводившиеся до сих пор исследования содержали принципиальную ошибку, в результате которой истинный выброс  $\text{N}_2\text{O}$  угольными станциями был сильно завышен. Обычно пробы газа, образующегося при сгорании угля, брались в топке электростанции и хранились в колбах вплоть до лабораторного анализа. Однако, как установили Мьюзио и Кремлич, за время пребывания газа в колбе в нем идут химические реакции, в результате которых образуются добавочные количества  $\text{N}_2\text{O}$ . Так, менее чем за 2 ч содержание  $\text{N}_2\text{O}$  в колбе возрастает с 5 до 300 частиц/млн. Для этого необходимо лишь, чтобы проба содержала окись азота, воду и двуокись серы — вещества, типичные для выброса любой тепловой электростанции.

Проверкой этого вывода занялись сотрудники Национального центра атмосферных исследований США в Боулдере (штат Колорадо) и Исследовательского центра НАСА в Хемптоне (штат Вирджиния). Если он подтвердится, предстоит пересмотреть многие важные положения, определяющие химические реакции в атмосфере. Возможно, рост содержания  $\text{N}_2\text{O}$  в воздушном пространстве Земли в большей, чем считалось, степени связан со сжиганием биомассы — в первую очередь, тропических лесов, травянистого покрова, а также стерни в сельскохозяйственных районах. Количество поступающих в атмосферу продуктов сгорания до сих пор, видимо, серьезно недооценивалось. Кроме того, необходимо учитывать и закись азота, выделяемую почвенными микроорганизмами.

Результаты исследований крайне важны для фирм, связанных со строительством и эксплуатацией тепловых электростанций.

Science News. 1988. Vol. 135. № 22. P. 340 (США).

#### Физика

### Уточнен аномальный магнитный момент мюона

Мы уже сообщали о новом уровне точности, достигнутом Т. Киноситой (T. Kinoshita; Корнеллский университет, США) в вычислении аномального магнитного момента  $\mu$  электрона (разности между точным значением магнитного момента, вычисленным в рамках квантовой теории поля, и его значением, следующим из уравнения Дирака)<sup>1</sup>. Недавно Киносита с соавторами улучшили точность в вычислении  $\mu$  мюона, учтя поправку четвертого порядка по постоянной тонкой структуры ( $\alpha \approx 1/137$ ). Из-за большей массы мюона его аномальный момент чувствительнее к эффектам неэлектромагнитной природы, в частности слабого взаимодействия. Поэтому сравнение вычисленного  $\mu$  мюона с экспериментальным позволило бы проверить теорию Вайнберга — Салама, объединяющую электромагнитное и слабое взаимодействия.

Поправки к  $\mu$  мюона можно разбить на три класса — за счет электромагнитного ( $\Delta\mu^{\text{em}}$ ), сильного ( $\Delta\mu^{\text{s}}$ ) и слабого ( $\Delta\mu^{\text{w}}$ ) взаимодействий. Киносита анализировал главным образом  $\Delta\mu^{\text{em}}$ , остальные были рассмотрены ранее.

В результате сложных вычислений он получил, что  $\Delta\mu^{\text{em}} = 1\,165\,847\,409 \cdot (42)(28) \cdot 10^{-12}$  (числа в скобках указывают на точность: первое — теоретическую, второе — обусловленную возможной ошибкой в экспериментальном определении  $\alpha$ ).

Чтобы сравнить теоретическое значение  $\mu$  мюона с экспериментальным, к  $\Delta\mu^{\text{em}}$  необходимо добавить

$$\Delta\mu^{\text{s}} = 703(19) \cdot 10^{-10}$$

$$\Delta\mu^{\text{w}} = 195(1) \cdot 10^{-11}$$

В результате  $\Delta\mu^{\text{теор}} = 116\,591\,962(191) \cdot 10^{-11}$ , что согласуется с наилучшими на сегодня экспериментальными значениями:

<sup>1</sup> Подробнее об этом см.: Сражение за восьмой знак // Природа. 1989. № 7. С. 111.

$$\Delta\mu_{\text{эксп}}^- = 1\,165\,937(12) \cdot 10^{-9},$$

$$\Delta\mu_{\text{эксп}}^+ = 1\,165\,911(11) \cdot 10^{-9};$$

(для мюона и антимюона, соответственно).

По мнению авторов, эксперимент, начатый сейчас в Брукхэйвене, позволит определить аномальный магнитный момент мюона примерно в 20 раз точнее. Если одновременно удастся в 5 раз уточнить вклад сильных взаимодействий, то появится возможность зафиксировать вклад слабых взаимодействий с 30 %-ной точностью.

Препринт Корнеллского университета. 1989. CLNS 89/894.

### Физика

## Переход разупорядочивания в капиллярной ряби

В последние два-три года повысился интерес к проблемам хаотической динамики в жидкостях. Группа специалистов из Хаверфордского колледжа и Пенсильванского университета (США) исследовала переход разупорядочивания в мелкой ряби на поверхности жидкости, подвергаемой вертикальным вибрациям. При амплитудах  $A$ , превышающих минимальную  $A_c$ , необходимую для возникновения капиллярных волн, на поверхности жидкости, помещенной в сосуд прямоугольной формы, возникает упорядоченная стабильная картина с квадратной симметрией, которая при повышении амплитуды до некоторого порогового значения сменяется хаотической, причем переход порядок — беспорядок имеет свойства фазовых переходов.

Экспериментальное оборудование включало плексиглазовый контейнер площадью  $8\text{ см}^2$  и высотой 2 см, заполненный бутылочным спиртом на глубину 1 см. Вертикальные вибрации возбуждались специальным электромагнитным генератором. Частота возбуждения составляла 320 Гц, при этом доминирующей капиллярной волной была субгармоника с частотой 160 Гц. (Как утверждают авторы, аналогичные явления имеют место и

при других частотах в интервале от 150 до 500 Гц). Наблюдение за поверхностью жидкости велось с помощью коллимированного пучка белого света, проецируемого через контейнер на диффузно отражающий лист, закрепленный на верхней крышке контейнера. Возникающую из-за преломления света картину можно было наблюдать локально (с помощью фотодиода) и глобально (с помощью видеокамеры и цифровой системы). В качестве контрольного параметра использовалась приведенная амплитуда  $\epsilon = (A - A_c)/A_c$ .

Уже на глаз из приведенных в работе фотографий видно, что при  $\epsilon_d \approx 0,1$  в ранее упорядоченной структуре возникают протяженные дефекты, разбивающие структуру на домены, в которых ориентация меняется случайным образом. Для количественной оценки авторы рассмотрели соответствующие корреляционные функции и обнаружили, что они быстро спадают в узкой области  $\epsilon \approx \epsilon_d$ .

Описанное явление сильно зависит от формы контейнера, даже когда его размеры в 50—100 раз превышают длину стоячей капиллярной волны: в частности, для круглого контейнера характерная частота хаотических флуктуаций плавно увеличивается с ростом амплитуды, не испытывая резкого перехода при  $\epsilon = \epsilon_d$ .

Physical Review Letters. 1989. Vol. 62. № 4. P. 422—425 (США).

### Физика

## Абрикосовские нити в сверхпроводнике

Если сверхпроводящий образец поместить в магнитное поле, оно будет вытеснено из сверхпроводника (эффект Мейснера): если же магнитное поле превысит критическое, оно проникнет в образец, разрушив сверхпроводящее состояние. В сверхпроводниках второго рода (к которым относятся и недавно открытые высокотемпературные сверхпроводники) возможно промежуточное состояние, когда магнитное поле про-

никает в образец, не разрушая сверхпроводящего состояния, в этом случае образуются так называемые абрикосовские нити, по которым и проходит весь магнитный поток. Нити выстраиваются параллельно магнитному полю, образуя в перпендикулярном сечении треугольную решетку.

До сих пор решетку нитей наблюдали только непрямыми методами — либо помещая мелкие магнитные частицы на поверхность сверхпроводника (их расположение указывает положение нитей), либо с помощью дифракции заряженных частиц в магнитном поле. Оба метода имели ограничения: первый применим лишь при достаточно слабых полях и дает только статическую картину поля; второй — лишь при достаточно сильных полях.

Этих недостатков лишен метод, позволяющий непосредственно наблюдать решетки абрикосовских нитей; он предложен группой американских ученых под руководством Х. Хесса (H. F. Hess). Использовался сканирующий туннельный микроскоп. Если между поверхностью образца и острием микроскопа создать разность потенциалов  $V$ , благодаря туннелированию электронов возникает ток  $I$ , зависящий от электронной плотности в данной точке образца. Измеряя ток, можно определить плотность электронных состояний. Наблюдение нити основано на существовании щели в электронном спектре сверхпроводящего состояния (вне нити) — при энергиях меньше ширины щели нет состояний, в которые могли бы туннелировать электроны, и, следовательно, нет тока. В нормальном состоянии (внутри нити) ширина щели обращается в нуль, и возникающий ток служит сигналом о наличии нити в данной точке.

Другая возможность, позволяющая, по утверждению авторов, получать еще более четкое изображение нитей, состоит в измерении дифференциальной проводимости  $dI/dV$ , которая при разности потенциалов, отвечающей ширине щели, усилена в сверхпроводящем состоянии (вне нити) и, следовательно, должна уменьшаться в нормальном состоянии (внутри нити).

Решетка абрикосовских нитей наблюдалась в образце  $NbSe_2$  при температуре 1,8 К в магнитном поле 1 Т.

Physical Review Letters. 1989. Vol. 62. № 2. P. 214—216 (США).

#### Физика

### «Калибровка» кристаллов оливина из метеоритов

Девять лет назад в Объединенном институте ядерных исследований (ОИЯИ) начались работы по поискам и идентификации в кристаллах оливина из метеоритов протяженных треков от галактических ядер актиноидов. Ядра этой группы, к которым относятся Th и U, — свидетели нуклеосинтеза, прошедшего при взрывах сверхновых в нашей Галактике.

Были обнаружены четко выделяющиеся группы треков длиной 120—140 и 190—210 мкм, а также несколько аномально протяженных треков длиной 340—360 мкм. Базируясь на одной калибровочной точке ( $^{132}Xe$ —26,5±2,5 мкм), группу 120—140 мкм исследователи отнесли к трекам ядер Pt — Pb, а группу 190—210 мкм — к трекам ядер Th — U. Четкое разделение этих групп объяснялось отсутствием достаточно стабильных ядер от Bi до Th.

Однако для идентификации треков длиной 210 мкм и аномально протяженных треков необходима калибровка кристаллов оливина релятивистскими ядрами Au, Pb, U. И вот недавно В. П. Перельгин и С. Г. Стеценко (ОИЯИ) совместно с Х. Кроуфордом и Т. Саймонсом (Н. Crawford, T. Symons; Лаборатория им. Э. Лоуренса, Беркли, США) проделали это с помощью ядер  $^{238}U$ .

Этот эксперимент проведен на ускорителе «Бэвалак», где полированная поверхность кристаллов оливина облучалась потоком ядер  $^{238}U$ , ускоренных до энергий 30 и 70 МэВ/нуклон. Последующая обработка кристаллов — обжиг, травление и т. д. — с целью выявления треков была полностью идентична применявшейся ранее. Калибровочные треки сравнивали с обнаружен-

ными в кристаллах оливина из метеоритов Марьялахти и Игл Стейшн.

Максимум экспериментального спектра длин треков ядер  $^{238}U$  для оливинов из метеорита Марьялахти пришелся на  $230 \pm 20$  мкм, его форма и полуширина совпали с формой и полушириной максимума  $210 \pm 20$  мкм спектра длин «древних» треков. Некоторое систематическое увеличение (на 10 %) длины треков ускоренного урана по сравнению с «древними» треками, по-видимому, связано с нагревом кристаллов оливина из метеорита Марьялахти в космических условиях. Для оливинов из метеорита Игл Стейшн спектр треков ускоренных ядер почти полностью совпал со спектром «древних» треков.

Итак, можно заключить, что «древние» треки длиной 210 мкм действительно обусловлены галактическими ядрами группы Th—U. Идентификация аномальных треков на сегодня неясна и требует дальнейших исследований.

По мнению авторов, метод исследования космических ядер по трекам в кристаллах из метеоритов гораздо чувствительнее других известных методов.

Письма в ЖЭТФ. 1989. Т. 49. Вып. 5. С. 257—260.

#### Техника

### Лидар измеряет ветер

Национальное управление по изучению океана и атмосферы США (НОАА) установило в обсерватории Мауна-Лоа (Гавайские о-ва) на высоте около 3500 м над ур. м. уникальную лазерную систему. Она способна определять присутствие в атмосфере пыли и других частиц, а также параметры их движения. Система разработана специалистами лаборатории распространения волн НОАА, Гавайским университетом и НАСА; ее испытания ведутся круглосуточно, их цель — установить, как в присутствии дымки и легкого тумана можно измерять параметры ветра с метеорологических спутников.

В системе используется лидар — лазер, работающий по принципу радиолокатора; он и фиксирует пылевые частицы и их перемещение в атмосфере, которая зондируется лазерным лучом. Концепция такого измерителя ветра заключается в том, чтобы получать глобальную информацию о ветре, что крайне важно для составления долгосрочных прогнозов погоды.

После испытаний лидар будет установлен на спутнике и станет действующим в Системе наблюдения за Землей, работа которой рассчитана на 90-е годы.

Bulletin of the American Meteorological Society. 1989. Vol. 70. № 2. P. 193—194 (США).

#### Химия

### Обезвреживание отходов гальванических процессов

Известно, что использованные растворы из электролитических ванн, образующиеся при гальванических процессах, содержат ионы тяжелых металлов, цианиды и другие токсические вещества. Их регенерация сложна и при небольших размерах производства экономически невыгодна.

Польские химики И. Зелинский, Е. Гурдзинская и А. Буковская (J. Zielinski; E. Gurdzinska, A. Bukowska; Институт химии филиала Варшавского политехнического института, Плоцк) изучили возможность использования в качестве наполнителя для асфальта шлама, образующегося после нейтрализации электролитов и состоящего из окисей и гидроокисей тяжелых металлов нерастворимых цианидов. Они исследовали щелочные воды после хромирования, никелирования, кадмирования, цинкования и лужения. Осадки, содержащие до 60 % воды, после сушки и размола смешивали при температуре 450 °С с трансформаторным маслом и отходами асфальта, причем шлама получали 10—50 %, а масла — 10—25 %. Полученные композиции практически полностью связывают как ионы тяжелых металлов, так и цианиды. По структуре композиции однородны, не расслаиваются, и лучшие меха-

нические свойства обнаруживаются при содержании масла до 25 % и шлама — около 20 %. Авторы предлагают использовать получаемые асфальты для образования изоляционных гидрофобных слоев в земляных емкостях для отходов и для других покрытий.

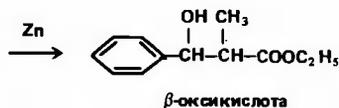
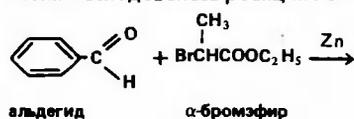
Таким образом, достигается не только обезвреживание высокотоксичных сточных вод гальванического производства, но и использование вредных отходов для получения полноценных наполнителей для полимерных масс.

Przemysl chemiczny. 1988. Т. 67. № 3. S. 118 (Польша).

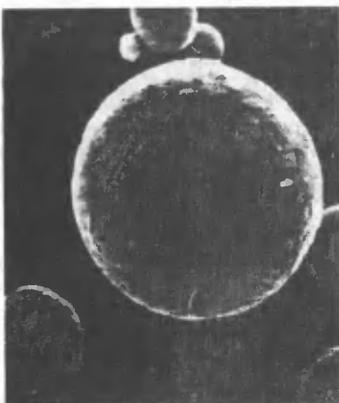
### Химия

## Ультразвук ускоряет химические реакции

Металлы широко используются в органическом синтезе как катализаторы при образовании металлоорганических или комплексных соединений. К. Суслик и С. Доктиц (К. S. Suslick, S. J. Doktycz; Иллинойский университет, США) показали, что ультразвук влияет на свойства металлов, а следовательно, и на органические реакции с их участием. Исследовалась реакция Ре-



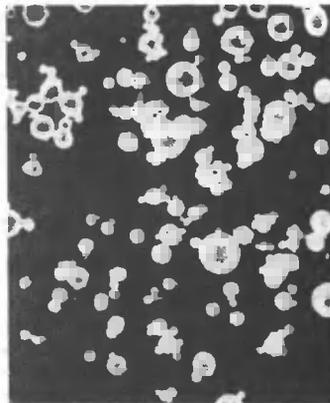
форматского, широко используемая в органической химии для синтеза β-оксикислот и их производных и заключающаяся во взаимодействии α-бромэфира и цинка с образованием промежуточного цинкоорганического соединения, которое затем присоединяется к карбонильной группе альдегида. При обработке реакционной смеси ультразвуком через 5 мин выход продукта составил >95 % (при 25 °С), а без обработки — несколько часов. Воздействие



Микрофотографии цинкового порошка до (вверху) и после (внизу) ультразвукового облучения.

ультразвука было еще ощутимее, если цинковый порошок предварительно облучали до приращения органических компонентов.

С помощью растрового электронного микроскопа авторы получили микрофотографии образцов цинкового порошка до и после ультразвуковой обработки. Оказалось, что ультразвук вызывает значительные изменения формы и размеров частиц. До ультразвуковой обработки они представляли собой аккуратные шарики, но при ультразвуковом воздействии поверхность становилась грубее, происходила агломерация частиц с образованием агрегатов размером около 50 мкм (через 30 мин «озвучивания»). Возрастание скорости модельной органической реакции нельзя объяснить увеличением площади по-



верхности частиц цинка — при агрегации площадь уменьшается.

По мнению авторов, изменение формы и размеров частиц вызваны высокоскоростными столкновениями между ними под воздействием ультразвуковых колебаний.

Методом масс-спектрометрии удалось показать, что заметный оксидный слой, изначально присутствовавший на порошке цинка, значительно уменьшается после ультразвуковой обработки. Для образования промежуточного цинкоорганического соединения в модельной органической реакции оксидная пленка является препятствием. По мнению авторов, ультразвуковая активация порошка цинка происходит вследствие значительного снижения оксидного пассивирования металла.

## Биофизика

**Лазер против лучевой болезни**

Проявления лучевой болезни многообразны. В частности, сильное облучение подавляет способность живых тканей, разрушенных при травме, к регенерации. Но оказалось, что при воздействии на ткань лазерного излучения небольшой мощности эта способность в значительной степени восстанавливается.

Известно, что красное излучение лазера стимулирует такие биологические процессы, как размножение клеток и синтез ДНК, РНК, АТФ, а также усиливает иммунный ответ при повреждении органов и тканей. Сотрудники Института эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР и Института биохимии им. А. Н. Баха АН СССР изучали терапевтическое действие излучения гелий-неонового лазера на предварительно облученные и механически травмированные мышцы. Эксперименты велись на белых крысах. Задние конечности животных облучали рентгеновским излучением дозой 20 Гр (мощность дозы 1,38 Гр/мин), закрывая остальную часть тела свинцовым экраном. Через несколько часов после облучения перерезали облученные икроножные мышцы в средней части. Кроющие мышцы и кожу зашивали шелком. Животные опытной группы ежедневно, кроме субботы и воскресенья, получали лазерную терапию в течение 3 мин.

Гистологические исследования показали, что через 2 мес образовавшиеся заново ткани были вполне дифференцированы. Кожно-мышечные язвы не возникали. Регенерация кожи и мышц протекала активно. В контрольной группе животных (не испытывавшей лазерную терапию), культя была сильно атрофирована из-за истончения и гибели мышечных волокон; регенерация перерезанных мышц подавлена.

Очевидно, лазерная терапия нормализует метаболизм в облученных тканях, ускоряя ре-

генерацію. Сейчас исследуется физико-химический механизм эффекта.

Доклады АН СССР. 1989. Т. 306. № 2. С. 482—485.

## Молекулярная биология

**Бактерии, устойчивые к макрофагам**

Патогенные бактерии, попав в организм, сталкиваются с макрофагами, которые их уничтожают. Однако ряд патогенных бактерий, к сожалению, устойчивы к макрофагам. Например, *Salmonella thyphimurium*, вызывающая у людей пищевые отравления, а у мышей заболевание, напоминающее брюшной тиф.

П. Филдс с коллегами (P. Fields, клиника Скриппса и Научный фонд, Ла-Джолла, Калифорния, США), изучая причины устойчивости сальмонелл к макрофагам, выделили мутантные штаммы *S. thyphimurium*, которые в отличие от нормальных уничтожаются макрофагами. «Действующим началом» макрофагов кроликов, с которыми велись эксперименты, являются небольшие белки — дефензины.

Анализ ДНК мутантных штаммов сальмонелл, чувствительных к дефензинам, показал, что все они имели мутацию в гене *rhoP*. Этот ген кодирует синтез фермента — неспецифической кислой фосфатазы. Когда к культуре мутантных сальмонелл добавляли копии нормальных генов *rhoP*, бактерии снова становились устойчивы к макрофагам. Однако затем были получены другие мутантные штаммы, у которых отсутствовал этот фермент и на которые, тем не менее, дефензины не действовали. Таким образом, чувствительность к дефензинам, возможно, не является результатом дефицита кислой фосфатазы. По мнению авторов, ген *rhoP* регулирует не только активность фосфатазы, но и устойчивость сальмонелл к защитным силам организма хозяина.

Science. 1989. Vol. 243. № 4894. P. 1059—1061 (США).

## Молекулярная биология

**Пространственная структура онкобелка p21**

Американские исследователи из Калифорнийского университета (Беркли) установили трехмерную структуру белка p21 — продукта онкогена *ras*, обнаруженного вначале у грызунов, а затем у человека, дрожжей, морской улитки аплизии, разных грибов и даже в сетчатке глаза млекопитающих. Белок со сходной функцией найден и у вируса иммунодефицита человека, который, как считается, вызывает СПИД.

Продукт онкогена *ras* представляет собой белок массой 21 тыс. Д со 188 или 189 аминокислотными остатками. Он располагается на внутренней поверхности клеточной мембраны, закрепляясь на ней путем связывания цистеина в 186-м положении с молекулой пальмитиновой кислоты в мембране. Функция p21 заключается в связывании и расщеплении гуанозинтрифосфата — богатого энергией соединения, участвующего в синтезе белка в клетках. Ранее было обнаружено, что при карциноме мочевого пузыря человека в белке p21 происходит замена (глицина в 12-м положении на валин), превращающая нормальный клеточный белок в онкобелок. Позже выяснилось, что «валиновая» замена ведет к резкому (в 10 раз) снижению ГТФ-азной активности p21, в результате чего белок теряет регуляторную функцию и клетка становится раковой.

Дальнейшие исследования показали, что при замене практически на любую аминокислоту в 12-м положении (кроме пролина, обладающего сходными с глицином свойствами) p21 приобретает онкогенные свойства; а замена на лейцин в 61-м положении еще больше снижает ГТФ-азную активность.

Исследователям из Калифорнии удалось кристаллизовать белок p21 и провести его рентгеноструктурный анализ с разрешением 0,27 нм (размер молекулы белка  $3,5 \times 4 \times 4,9$  нм). Определена структура каталитической области белка, представленная 4 участками альфа-спи-

рали, 6 бета-структурами и 9 соединительными петлями; 5 из 9 петель находятся на стороне молекулы, участвующей в связывании ГТФ. Чередование участков (бета — альфа — бета — альфа — бета) на С-конце молекулы указывает на сходство структуры белка р21 с другими нуклеотидсвязывающими участками белков.

В настоящее время проводятся рентгеноструктурные исследования белка р21 с заменами в 12-м и 61-м положениях. Science. 1988. Vol. 239. № 4842. P. 888—893 (США).

#### Иммунология

### Вакцина против СПИДа!

Первая экспериментальная иммунизация людей против вируса СПИДа была проведена группой Д. Загури (D. Zagury) в 1986 г. Материалом послужила вакцина, приготовленная из рекомбинантного вируса коровьей оспы (V25) со встроенным в его геном отрезком ДНК, кодирующим один из белков оболочки вируса СПИДа. Однако достаточно высоко и продолжительно иммунитет достиг не удалось.

В 1988 г. группа Загури, куда входят сотрудники Парижского университета им. М. и П. Кюри, а также ученые из Заира, Бельгии и США, испытали новую вакцину, на этот раз из рекомбинантного вируса вакцины, инaktivированного формальдегидом. Первую дозу вакцины вводили внутривенно, а две последующие — внутримышечно. У добровольца, которому сделали прививку новой вакциной, периодически брали пробы крови для выявления иммунных реакций.

На сей раз результат был значительно лучше: выше титр антител к различным штаммам вируса СПИДа, возникший иммунитет сохранялся в течение года.

Итак, показана возможность создания иммунитета против СПИДа у человека.

Nature. 1988. Vol. 332. № 6166. P. 728—730 (Великобритания).

#### Иммунология

### Противомалярийная вакцина

Швейцарские иммунологи близки к массовому производству вакцины от всех видов малярии.

Возбудители малярии, попав при укусе комара в организм человека, проходят несколько стадий развития. При этом на каждой стадии меняются антигенные свойства белков оболочки малярийного плазмодия, которые в основном и ответственны за развитие иммунитета. Кроме того, антигены различных видов возбудителей отличаются друг от друга. Поэтому антитела к одному виду малярийного плазмодия не будут специфичны к остальным.

У. Церта с коллегами (U. Certa; фармацевтическая компания «Гюфман Ля Рош», Базель, Швейцария) для создания противомалярийной вакцины использовали белок р41 — один из ферментов (альдолаза) штамма *Plasmodium falciparum*, катализирующий распад глюкозы, необходимый для обеспечения энергией роста микроорганизма. В процессе созревания в эритроцитах человека малярийный плазмодий увеличивает потребление глюкозы приблизительно в 20 раз. Антитела к белку р41 должны, как считали авторы, останавливать рост плазмодия. Важно и то, что они не специфичны к альдолазе человека, так как ее структура отличается от подобного фермента возбудителя малярии. В то же время этот фермент имеет одинаковую структуру у всех видов возбудителей малярии.

Из *P. falciparum* выделили ген, кодирующий белок р41, и включили его в геном *E. coli*, который начал вырабатывать этот белок. На основе полученного белка приготовили вакцину, которую ввели подопытным обезьянам. Последующее заражение обезьян различными видами малярийных плазмодиев из Европы, Америки и Африки показало, что вакцина в 100 % случаев защищала животных от заболевания. Science. 1988. Vol. 240. № 4855. P. 1036—1038 (США).

#### Микробиология

### Антидепрессанты в лечении малярии

По мнению А. Битонти и его коллег (A. J. Bitonti; Институт Мэррел Доу, Цинциннати, штат Огайо, США), видимо, скоро можно будет лечить малярию, вызванную малярийными плазмодиями, стойкими к лекарствам.

Еще в 1961 г. появились штаммы *Plasmodium falciparum*, устойчивые к хлорохину — лекарству, около 40 лет успешно использовавшемуся для лечения малярии. Устойчивость штаммов объяснялась тем, что они приобрели способность выводить через мембраны своих клеток попавший внутрь хлорохин. Позже выяснили, что процесс зависит от уровня кальция вне клеток плазмодия, а также что некоторые лекарства от депрессивных состояний обладают и слабым противомалярийным действием. Некоторые из них, относящиеся к трициклическим антидепрессантам, могут блокировать действие кальция на клеточные мембраны.

Битонти с сотрудниками изучали, как антидепрессанты влияют на накопление хлорохина клетками малярийного плазмодия. Они взяли три штамма: первый — чувствительный к действию хлорохина, второй — устойчивый к его действию, и третий — устойчивый к действию не только хлорохина, но и ряда других антималярийных препаратов. Каждый из штаммов выдерживали со смесью хлорохина и трициклического антидепрессанта дезипрамина. Дезипрамин не влиял на количество хлорохина, аккумулированного клетками первого штамма, в клетках второго количество хлорохина возросло в три раза, а третьего — в 10 раз. Хлорохин в клетках второго и третьего штаммов также оказывал токсическое действие.

Следующую серию опытов провели на обезьянах, зараженных штаммами малярийных плазмодиев, устойчивых к хлорохину, оценивая действие хлорохина и дезипрамина. Через 5 дней после заражения в контрольной группе отмечалось

в среднем 568 малярийных плазмодиев в 1 мл крови; у обезьян, которым давали один хлорохин,— 300, а вот у животных, которые получали как хлорохин, так и дезипрамин, число плазмодиев в крови было близко к нулю.

Science. 1988. Vol. 242. № 4883. P. 1301—1302 (США).

#### Физиология

### Пути лечения дистрофии мышц

У людей с мышечной дистрофией наблюдается недостаток специального белка — дистрофина, функции которого в нормальной мышечной ткани еще не изучены. Однако установлено, что дефицит дистрофина сопровождается нарушением структуры мышечной ткани, ее повреждением при сокращении мышцы и постепенным ослаблением.

В последнее время разрабатываются методы лечения этого заболевания. Один из них предложил Т. Партридж (Т. Partridge; Медицинская школа в Лондоне) и Л. Канкел (L. Kunkel; Медицинская школа в Бостоне, Великобритания), которые вводили молодые мышечные клетки в пораженную ткань. У здоровой новорожденной мыши были выделены мышечные первичные клетки и введены в мышечную ткань мышшей с дефектным геном, ответственным за синтез дистрофина. Оказалось, что введенные клетки могут соединяться с мышечными клетками больных мышшей, в результате у последних увеличивается уровень дистрофина. Наиболее благоприятный возраст мыши для восстановления содержания дистрофина — около 3 недель.

Используемая линия генетически дефектных мышшей — не вполне адекватная модель для людей с мышечной дистрофией. Дело в том, что в отличие от человека у мыши с дефицитом дистрофина мышцы сначала ослабевают, а затем восстанавливаются до нормального состояния. Поэтому для

продолжения исследований необходимо разработать схему выведения мышшей, лишенных такой способности. Предполагается также проводить опыты с собаками специально выведенной линии, патологические симптомы у которых близки к признакам мышечной дистрофии у людей. Но даже в случае успеха на пути клинического применения метода встретятся трудности, главная из которых — проблема совместимости тканей. Для проведения экспериментов исследователи выводят мышшей с подавленной реакцией отторжения чужеродных мышечных клеток. У человека пришлось бы решать проблему несовместимости, подбирая соответствующих доноров или подавляя иммунную систему, например, с помощью циклоспорина.

Если метод найдет клиническое применение, понадобится большое количество мышечных клеток (ребенку необходимо  $10^{10}$ — $10^{12}$  клеток на 1 кг мышечной ткани). Отмечается также, что в борьбе с мышечной дистрофией наряду с дистрофином можно использовать и другие родственные белки.

New Scientist. 1989. Vol. 121. № 1648. P. 36 (Великобритания).

#### Физиология

### Эмоции и мозг

Локализация центров эмоций в мозгу человека всегда интересовала ученых. Недавно в Медицинской школе Вашингтонского университета (Сан-Луис, США) для изучения мозговых процессов при тревоге и страхе применен один из самых современных диагностических методов — позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ).

Были отобраны 8 здоровых добровольцев, а также люди, страдающие повторяющимися приступами патологической тревоги. Пациентам вводили в кровь небольшое количество жидкости, меченой радиоактивным изотопом кислорода с коротким временем полураспада. С помощью ЭВМ сигналы, поступающие с гамма-детекторов, расположенных

вокруг головы пациента, восстанавливались в виде цветного изображения мозгового кровотока.

Оказалось, что у пациентов с патологическим чувством страха нарушен метаболизм кислорода и равномерность мозгового кровотока.

Чувство тревоги у пациентов вызывали, вводя натриевую соль молочной кислоты. При этом резко увеличивался приток крови к височным полюсам.

Сходные результаты были и у здоровых людей, которым сообщали, что их ожидает болезненное воздействие электрического тока. Их исследовали до, в течение и после воздействия слабого электрического тока. Во время ожидания электрического удара у них также резко увеличивался приток крови к височным областям коры мозга.

По мнению авторов, метод ПЭТ перспективен для изучения тонких физиологических эффектов в мозгу человека, связанных с эмоциями.

Science News. 1989. Vol. 135. № 8. P. 116—117 (США).

#### Физиология

### Стероидные гормоны контролируют иммунную систему

Известно, что моноциты крови вырабатывают фактор некроза опухолей (ФНО) — белок с молекулярной массой около 17 кД, убивающий опухолевые клетки и участвующий в иммунологических и противовоспалительных процессах.

М. Цудзимото и Х. Адачи (М. Tsujimoto, H. Adachi; Институт биомедицинских исследований, Токио, Япония) показали, что ФНО, помимо цитотоксического эффекта на опухолевые клетки, действует как фактор роста этих клеток. К клеткам соединительной ткани мышцы (фибробластам) они добавляли ФНО в дозе 20 нг/мл и различные стероидные гормоны. Оказалось, что синтетические стероидные гормоны коры надпочечников — дексаметазон и гидрокортизон —

блокируют токсический эффект ФНО на исследуемые клетки: их рост в присутствии гормонов резко усиливается. Влияние гормонов было специфичным — другие гормоны (альдостерон, андростерон и тестостерон) не предотвращали токсическое действие ФНО.

По мнению авторов, цитотоксический и стимулирующий эффекты ФНО вызваны разными механизмами, а дексаметазон и гидрокортизон усиливают синтез белков, защищающих клетки от токсического действия ФНО.

The Journal of Biochemistry. 1988. Vol. 103. № 3. P. 393—395 (Япония).

#### Биотехнология

### Бактерии — в изготовлении наушников

Качество воспроизведения звука часто ограничивается характеристиками наушников. В современных наушниках материалом для диафрагмы служит прессованная бумага. Японская фирма «Сони» разработала высококачественные наушники с диафрагмой из материала типа целлюлозы, в изготовлении которого принимают участие короткие палочковидные бактерии *Acetobacter aceti*.

Бактерии, помещенные в питательный раствор на основе сахаридов, формируют нити целлюлозы диаметром до 40 нм. Затем из этих нитей образуется паутина толщиной 2 мм, которую высушивают и спрессовывают в пластину толщиной 20 нм. Из таких пластин и делают миниатюрные диафрагмы для наушников. Несмотря на столь малую толщину, прочность новой диафрагмы в 10 раз выше, чем бумажной.

Целлюлозная диафрагма крепится в корпусе из специальных пород деревьев возрастом более 200 лет, покрытым кожей греческих ягнят. Новые наушники марки MDR-R10 «King» должны были появиться в японских магазинах в июне 1989 г.; стоимость их высока — около 3000 долл.

New Scientist. 1989. Vol. 12. № 1657. P. 31 (Великобритания).

#### Психология

### О чем говорит улыбка!

То, что выражение лица выдает душевное состояние, — отнюдь не новость. А может ли мимика рассказать что-либо о процессах постепенного умственного развития взрослеющего человека? Такой вопрос поставили психологи К. Бест и Х. Куин (С. Т. Best, H. F. Queen; Веллсский университет в Миддлтауне, штат Коннектикут, США).

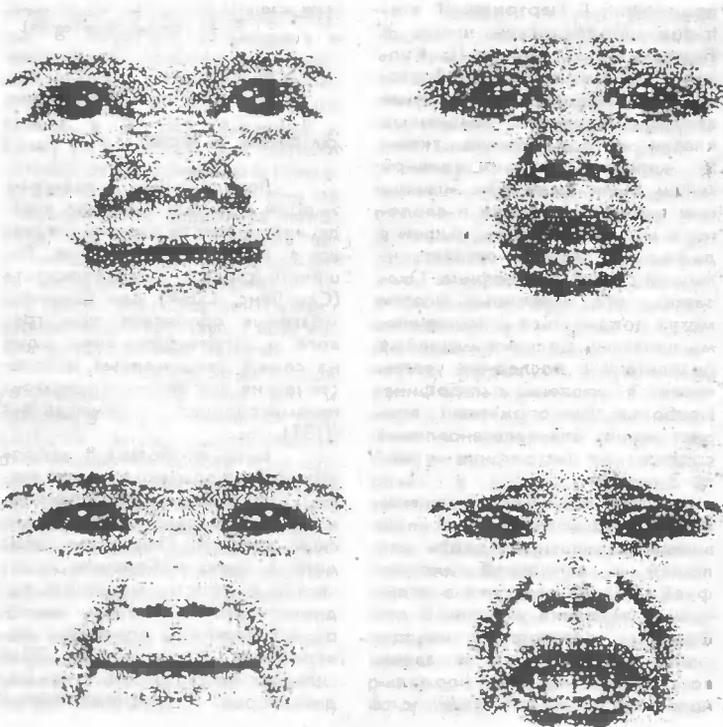
Они сфотографировали шестерых улыбающихся и четырех плачущих младенцев в возрасте от семи до тринадцати месяцев, когда человек не контролирует своих эмоций. Затем каждое лицо на снимке было наполовину закрыто по вертикали и сфотографировано отдельно, после чего сделан фотомонтаж из зеркального изображения с его исходным двойником. В итоге возникло одно лицо из двух «левых» щек и глаз, а другое — из двух «правых». Привлекли группу студентов (среди них не было ни одного левши, который мог бы судить обо всем по-своему!),

которые по семибальной шкале оценивали глубину эмоций, отраженных на каждом из фотопортретов. Кроме того, они определяли, правая или левая половина лица кажется им более выразительной в горе или радости.

Подавляющее большинство студентов назвали плач более сильным переживанием, чем смех, а улыбку или горестную складку правой стороны лица более эмоциональной, чем левой; особенно отчетливым это было, когда губы рассматривались отдельно от остального лица.

Известно, что мозг действует «крест-накрест»: левое полушарие «командует» правой половиной тела, и наоборот. Очевидно, решили экспериментаторы, более сильная мимика правой стороны лица свидетельствует о большем влиянии левого полушария у детей. Дело в том, что предпринятые ранее аналогичные опыты на взрослых говорили об обратном.

**«Левостороннее»** [вверху] и **«правостороннее»** [внизу] выражение лица смеющегося и плачущего младенца.



Вывод гласит: в раннем детстве, пока ребенку не исполнится хотя бы год, левое полушарие мозга обгоняет в своем развитии правое. По мере умственного созревания правое постепенно выходит вперед, и к школьному возрасту возникает некоторая возможность сознательного контроля за выражением эмоций.

Современно независимо сходными опытами занималась группа психологов во главе с М. Ротбарт (М. К. Rothbart; Университет штата Орегон в Юджине, США). Под ее руководством несколько старшекурсников оценивали глубину горестных и радостных переживаний у 59 младенцев в возрасте от трех до тринадцати месяцев, многократно заснятых на видеопленку. Метод закрытия поочередно то одной, то другой половины лица применялся и здесь. И снова, по общему мнению, правая сторона лица оказалась намного выразительней. Кроме того, отмечено, что большинство маленьких детей чаще поворачивают голову или все тело направо, а не налево.

Тем самым сделан новый шаг к познанию, как совершенствуется механизм эмоций и идет развитие головного мозга у человека — от рождения к зрелости.

Science News. 1989. Vol. 135. № 10. P. 149 (США).

Биология

**Окраска в половом отборе**

Ф. Бриден и Г. Стоуер (F. Breden, G. Stoner; Университет штата Миссури, США) изучали поведение двух групп рыб гуппи с о. Тринидад. В одной группе самцы имели яркую окраску, в другой — тускло-коричневую.

Чтобы выяснить, врожденным ли является выбор самками самцов той или иной окраски, исследователи помещали самок, выращенных в неволе и никогда не общавшихся с самцами, в центральное отделе-

ние трехсекционного аквариума. В одном из отсеков соседом самки был яркоокрашенный самец, в другом — тусклоокрашенный. Эксперимент проводился многократно. Самки из группы, часто подвергавшейся нападениям хищников, оказывали явное предпочтение тусклокоричневому самцу. Самки же, выращенные в условиях меньшей опасности нападений, выбирали самцов с яркой окраской.

International Wildlife. 1988. September — October. P. 32 (США).

Зоология

**Электрорецепторы ехидны**

До сих пор среди млекопитающих был известен лишь один вид, обладающий специальными рецепторами для восприятия весьма слабого электрического тока. Это австралийский утконос<sup>1</sup>. Недавно группа зоологов во главе с У. Проске (U. Proske; Монашский университет в Мельбурне, Австралия) установила, что аналогичные органы есть и у австралийской короткоклювой ехидны (*Tachyglossus aculeatus*). Как утконосы, так и ехидны — единственные из сохранившихся на Земле млекопитающих, детеныши которых вылупляются из яиц, т. е. это не живородящие, а яйцеродящие животные.

Исследователи раздражали электрическим током не-

большие участки кончика клюва ехидны и определяли, как передается нервный импульс в мозг. Хотя органы осязания ехидны тоже реагируют на электрическое раздражение, однако для этого необходимо в тысячу раз большее напряжение, чем для специфических электрорецепторов, чувствительных даже к 1 мВ/см<sup>2</sup> поверхности тела.

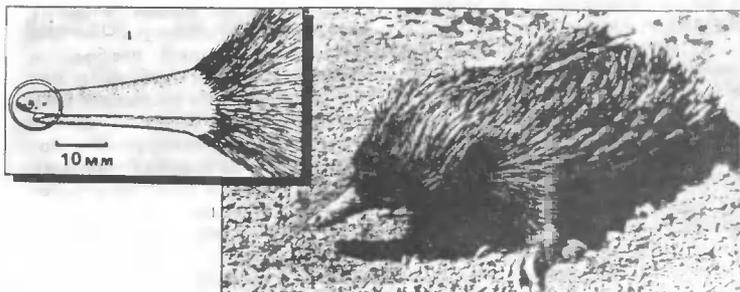
У ехидны по сравнению с утконосом меньше электрорецепторов, и все они расположены на клюве. Эта система восприимчива как к постоянному, так и к переменному току, но лучше всего реагирует на переменный ток частотой 20 Гц, тогда как утконос — на частоту около 100 Гц.

Исследователи обучили ехидну отличать поток воды со слабым электрическим полем от потока, не несущего электрического заряда. Даже при напряжении всего в 1 мВ ехидна ошибалась не чаще, чем в одном опыте из трех.

Зачем ехидне шестое — электрическое чувство, пока не совсем ясно. Возможно, оно помогает ей обнаруживать слабые электрические сигналы, издаваемые муравьями, термитами, червями, которыми она питается? Однако в эксперименте с электродами, установленными внутри термитника, часто разоряемого ехидной, она никак на это не реагировала. Не улавливали ехидны в лабораторных условиях и электроток, генерируемого термитами. Чтобы

<sup>1</sup> Подробнее см.: Утконос принимает электрические сигналы // Природа. 1987. № 6. С. 111—112.

**Австралийская короткоклювая ехидна. На ее клюве обнаружены органы, воспринимающие электрические поля.**



разгадать этот секрет ехидны, нужны новые опыты. Предполагается изучить также длинноклювую ехидну, или проехидну, обитающую в Новой Гвинее. Может быть, и она обладает необычным электроорганом?

New Scientist. 1989. Vol. 122. № 1657. P. 26 (Великобритания).

#### Зоология

### Конкуренция между водными насекомыми и позвоночными

Американские ученые П. Морин, С. Лэвлер и Е. Джонсон (P. Morin, S. Lawler, E. Johnson; Университет Рутгерса, штат Нью-Джерси, США) экспериментально показали наличие конкуренции между головастиками лягушек *Hyla andersoni* и жабы *Bufo woodhousei* и водными насекомыми.

Опыты проводились в замкнутых искусственных неглубоких бассейнах с водным растением злодеей, где регулировалось число головастика и насекомых; самыми обычными среди насекомых были личинки комаров кулицид, хирономид, хаборид, подений и клопы-корикосиды, питающиеся, как и амфибии, перифитомом (поселения пресноводных организмов). Присутствие в бассейнах насекомых или головастика жаб вело к снижению средней биомассы лягушек. Так же насекомые влияли и на среднюю биомассу жаб. Конкуренция между насекомыми и головастиками лягушек была сравнима с конкуренцией между жабами и лягушками.

Вероятно, существует не только прямая конкуренция за общий пищевой ресурс, но и косвенные эффекты, т. е. насекомые могли уменьшать количество перифитона, не только питаясь им, но и используя его, например, для постройки домиков и т. д.

Ecology. 1988. Vol. 69. № 5. P. 1401—1409 (США).



Экология

### Сколько гусениц поедают вороны!

Всем известно, как трудно справиться с насекомыми-вредителями. Поэтому полезность деятельности птиц по уничтожению вредителей несомненна, однако оценить ее масштабы в каждом случае не так просто. Исключение составляет пример охоты ворон на гусениц кукурузного мотылька (этот вредитель встречается и в нашей стране). Здесь удается непосредственно подсчитать число съеденных гусениц, так как каждый случай вороной охоты «протоколируется» дырочкой, проткнутой в кукурузном стебле.

Американские вороны *Corvus brachyrhynchos* собираются на зимовку гигантскими стаями в Канаде. Скопление птиц близ Эссекса, где проводили исследования Д. Квинринг и П. Тимминс (D. T. Quring, P. R. Timmins; Университет Нью-Брунсвика, Канада), насчитывает до 90 тыс. особей. Существенную часть пищи ворон составляют гусеницы кукурузного мотылька (*Ostrinia nubilalis*), зимующие на полях внутри брошенных после уборки кукурузных стеблей. Борьба с кукурузным мотыльком затруднена тем, что гусеница ведет скрытый образ жизни, прогрызая початки и стебли изнутри. Такие птицы, как синицы и воробьи, добраться до нее не могут. Питается, правда, этими гусеницами краснокрылый трупикал (*Agelaius phoeniceus*), но польза от этого лишь на 20 % компенсирует урон, который сам трупикал наносит урожаю.

Совсем иначе выглядит деятельность ворон. Трудно сказать, какая из ворон впервые «догадалась» проткнуть клювом старый кукурузный стебель в поисках лакомой добычи и как этому обучаются молодые птицы, но вороны успешно выклевывают гусениц кукурузного мотылька из их зимних квартир. Квинринг и Тимминс подсчитали, что в радиусе 26 км от скопления ворон численность вредителя на 50 % ниже, чем в контроле (в недоступных для

птиц стеблях); в радиусе 25 км не попало ни одного поля, где на стеблях не было бы отверстий от вороных клювов. Число отверстий уменьшалось по мере удаления от скопления ворон.

Интересно, каков экономический эффект деятельности ворон, но оценить это, естественно, много сложнее, чем просто подсчитать уничтоженных гусениц. Зато очевидно, что, каков бы ни был этот эффект, вороны не взимают за него никакой платы частью урожая: они прилетают в октябре, когда зерно уже убрано, а улетают в марте, до начала посадок кукурузы.

Canadian Journal of Zoology. 1988. Vol. 66. № 10. P. 2143—2145. (Канада).



Экология

### Свинца в реках США стало меньше

Р. Александер и Р. Смит (R. B. Alexander; R. A. Smith; Геологическая служба США, Рестон, штат Вирджиния) опубликовали данные о химическом составе речных стоков за период с 1974 по 1985 г. Анализировались пробы воды, бравшиеся на 300 гидрологических станциях и пунктах наблюдений, расположенных во всех штатах.

Установлено, что за десятилетие содержание свинца в речной воде в той или иной степени снизилось (статистически существенно оно для 30 % этих пунктов). Некоторое повышение концентрации свинца наблюдалось в отдельных пунктах на Техасском побережье Мексиканского залива и в нижнем течении р. Миссисипи. В нескольких случаях была превышена действующая норма предельно допустимой концентрации свинца (50 частей на 1 млрд), но ни в одном из них это не касалось источников снабжения питьевой водой.

Главным агентом, поставляющим свинец в реки, считается автомобильный транспорт. По-видимому, предпринятое в последние годы в США уменьшение количества свинца

вых добавок в бензин и привело к некоторому очищению поверхностных вод.

Eos. Transactions of the American Geophysical Union. 1988. Vol. 69. № 39. P. 874 (США).



Экология

## Ядовитая окраска судов и марикультура

Экологи Австралии сильно обеспокоены повышенным содержанием тетрабутилтитаната (ТБТ) в прибрежных водах страны. ТБТ — важный компонент красок, используемых для покрытия подводных частей судовых корпусов в целях предохранения от организмов-обрастателей. Недавно появились данные о вредном воздействии ТБТ на марикультуры.

Расположенное в Сиднейской бухте крупное марикультурное хозяйство по выращиванию устриц *Saccostrea commercialis* оказалось под угрозой. Частота заболеваний и отклонений в развитии устриц коррелирует с содержанием ТБТ в водах, непосредственно омывающих устричные садки: здесь концентрация ТБТ в 10 раз выше и составляет около 300 нг/л. Исследования по накоплению ТБТ устрицами, выращенными в садках по соседству с оживленным судоходными трассами Сиднейской бухты, показали, что в них содержится от 200 до 600 нг ТБТ на грамм сырой массы, тогда как в незагрязненных водах — от 4 до 18 нг/г.

Предполагается изучить механизм усвоения устрицами ТБТ и разработать приемы защиты от загрязнения дорогостоящего устричного хозяйства. Пока же меры, предпринимаемые по ограничению использования ТБТ в красках, ингибирующих развитие организмов-обрастателей подводных частей судовых корпусов, неэффективны, и выпуск ядовитых красок продолжается.

Marine Pollution Bulletin. 1988. Vol. 19. № 12. P. 652 (США — Великобритания).



Охрана природы

## Защита грунтовых вод в США

Национальная федерация по охране дикой природы США совместно с рядом других организаций по охране окружающей среды разработала многоплановую программу по защите подземных источников, снабжающих высококачественной питьевой водой половину населения страны.

Предполагается определить районы грунтовых вод, где водоносные слои являются главным источником питьевой воды и потому нуждаются в серьезной профилактической защите, а также выделить районы специальной коррекции, в которых сильное загрязнение уже существует.

Помимо осуществления строгого государственного контроля за всеми основными подземными источниками и слежения за качеством воды согласно установленным нормативам, программой рекомендовано к 2003 г. в каждом штате сократить на 80 % количество промышленных и бытовых отходов, на 60 % — использование пестицидов и значительно снизить внесение азотных удобрений.

Ассигнования на программу будут поступать главным образом за счет штрафов за загрязнение источников и взимания налогов за хранение отходов и применение химикатов в сельском хозяйстве.

International Wildlife. 1988. September — October. P. 31 (США).



Охрана природы

## Болезни — по почте

Почтовая служба США предложила наложить запрет на рассылку по почте болезнетворных организмов. В течение нескольких лет ряд федеральных и военных исследовательских центров по контролю по болезням, а также многие частные лаборатории переправляли в посылках различные вирусы,

включая возбудителей сибирской язвы и ботулизма.

Решительный протест общественности вызвал проект постройки в штате Юта военной биологической лаборатории, куда, по всей видимости, тоже стали бы доставлять по почте опасные грузы.

Введение такого запрета вызвано в первую очередь беспокойством среди самих почтовых работников.

International Wildlife. 1988. September — October. P. 29 (США).

Геология

## Угленосные отложения Приморья

А. Г. Аблаев, С. М. Тащи и И. В. Васильев (Тихоокеанский океанологический институт и Тихоокеанский институт географии ДВО АН СССР, Всесоюзный геологический институт Мингео СССР) заново пересмотрели схему стратиграфии угленосных отложений Приморья — до сих пор остается открытым вопрос о возрасте некоторых угольных залежей, ныне активно разрабатываемых, и еще совсем недавно угленосными считались здесь лишь палеогеновые толщи. Проанализировав большой материал по геологии и флоре угленосных отложений Дальнего Востока с учетом собственных палеоботанических коллекций, собранных на ряде угольных месторождений, авторы внесли существенные коррективы в вопросы корреляции угленосных свит и привели доказательство насыщенности углем как палеогеновых, так и неогеновых отложений.

Основное внимание авторы сосредоточили на этапах развития Хасанской угленосной впадины на юго-западе Приморья (окрестности пос. Краскино) и возрасте краскинской флоры глинисто-туффовитой толщи — их правильная расчленовка важна и для историко-геологических обобщений, и для прогнозных оценок на твердые горючие ископаемые. По систематическому составу краскинская флора — типично неогеновая и близка к миоценовому флорам

района Японского моря; занимающая географически центральное положение, она является связующей между сихотэ-алинскими и корейскими флорами. Отнесение глинисто-туфитовой толщ к миоцену влечет за собой пересмотр прежних позиций относительно подстилающей ее угленосной хасанской свиты, которая традиционно отождествлялась с эоценовой свитой Артемовского и Тавричанского угленосных бассейнов Южного Приморья; поскольку вышележащая глинисто-туфитовая толща связана с хасанскими отложениями постепенными переходами, хасанская свита не может принадлежать эоцену — она моложе.

Не менее важно утверждение авторов о близости красинской флоры к флорам юга Приморья, где расположены Реттиховское и Павловское бурогольные месторождения; и здесь флороносные слои непосредственно, без следов перерыва перекрывают угольные залежи промышленной мощности. Миоценовый возраст этих угленосных слоев подтверждается общим геологическим строением Хасанско-Среднеаурской рифтогенной зоны. Формирование основной части угольных пластов Хасанской, Павловской и Реттиховской впадин совпало с началом прогибания этой территории в эпоху миоцена.

Литология и полезные ископаемые. 1988. № 4. С. 44—57.

Геология

## Формирование залежей фосфатов на атоллах

Французские ученые Ф. Ружери и Б. Воти (F. Rougerie, B. Wauthy; Научно-исследовательская станция по океанографии на о. Таити) предложили новую гипотезу механизма формирования фосфатных залежей на атоллах Тихого океана.

Глубинные воды океана, богатые питательными веществами, особенно фосфатами, при подъеме к поверхности как бы промывают пористую коралловую постройку атолла и вливаются в его лагуну. Причиной восходящих движений глубин-

ных вод является, по мнению авторов, конвекция в придонном слое, вызванная геотермическими потоками тепла, которые поднимаются к базальтовому основанию атоллов. Весь этот механизм взаимодействия глубинного тепла и вертикальных движений вод исследователи назвали эндоапвеллингом.

Эндоапвеллингом они объясняют и обильную в лагунах флору и фауну, очевидную на фоне слабо развитой жизни в водах, омывающих атоллы.

Накапливающиеся в атоллах фосфаты образуют апатитовые осадочные толщ, разработка которых во многих случаях экономически целесообразна. К числу таких мощных месторождений относится атолл Макатеа в Полинезии; залежи этого ценного минерала составляют здесь более 10 млн т.

La Recherche. 1989. Т. 20. № 211. P. 773 (Франция).

Геофизика

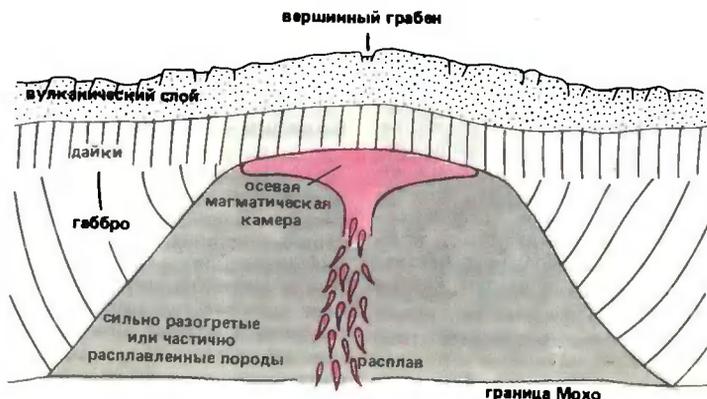
## Магматическая камера в рифтовой зоне

Как известно, океаническое дно образуется в осевых зонах срединно-океанических хребтов в результате раздвижения литосферных плит и постепенного наращивания их удаляющихся краев за счет изверженных на поверхность и «примерзших» расплавленных пород. Расплав поступает из магматического резервуара, строе-

ние, состав и эволюция которого изучаются сейсмическими, гравиметрическими и другими методами. Недавно в районе 13° с. ш. на Восточно-Тихоокеанском поднятии впервые была применена акустическая томография, позволившая получить новые данные о тонкой структуре магматического резервуара.

Ширина резервуара (вкрест простирания хребта) составляет в верхней части около 6 км, а его кровля находится на глубине 1,4 км от дна океана. Резервуар наполнен породами, разогретыми свыше 1000 °С и частично (не более нескольких процентов) расплавленными. Скорость прохождения акустических волн через эти породы снижается на 0,5—1 км/с. Присутствие магматического материала обуславливает поднятие осевой зоны хребта шириной около 8 км на высоту 200—400 м относительно прилегающих участков дна. В самой верхней части резервуара, под подошвой полностью раскристаллизованного слоя коры, находится сравнительно тонкая осевая магматическая камера. Она

Схематический поперечный разрез осевой зоны Восточно-Тихоокеанского поднятия в районе 13° с. ш. Вещество осевой магматической камеры, содержащей более 50 % расплава, находится внутри более крупного резервуара, степень плавления пород которого не превышает нескольких процентов.



представляет собой линзу расплавленного на 50—100 % вещества, которая в качестве четкой отражающей границы фиксирует кровлю магматического резервуара. В то же время линза не выделяется по данным акустической томографии. Поэтому ее толщина не превышает, видимо, нескольких сот метров.

Магматическая камера не прослеживается непрерывно вдоль всего хребта. Ее наличие или отсутствие отражается в рельефе рифтовой зоны: там, где она есть, наблюдается небольшой вершинный грабен; при этом вся зона спрединга занимает сравнительно высокое положение.

Магматическая камера питается поступающим из ниже лежащей мантии расплавом, состав которого, естественно, варьирует вдоль зоны спрединга. Поскольку камера имеет очень малую толщину и не является непрерывной, перемешивание ее вещества вдоль рифтовой зоны затруднено. Поэтому различные участки зоны спрединга должны характеризоваться различным составом изверженных пород. Этот вывод подтвержден данными о геоморфической сегментации рифтовой зоны с характерной длиной сегментов в десятки—сотни километров.

Nature. 1989. Vol. 339. № 6221. P. 178—179 (Великобритания).

#### Геофизика

### Планетарные течения — в лаборатории

Д. Сомерриа, С. Мейерс и Г. Суинни (J. Sommeria, S. D. Meyers, H. L. Swinney; Центр нелинейной динамики и физический факультет Университета штата Техас, Остин, США) провели эксперименты по физическому моделированию планетарных струйных потоков, существующих как в стратосфере, так и в океане (Гольфстрим, Куроиси). Сжатие планетарных течений восточного направления в узкие меандрирующие струи — характерная черта общей циркуляции атмосферы и океана, однако

природа этого явления изучена недостаточно.

Известно, что в струйных потоках сила, обусловленная градиентом давления, уравновешивается силой Кориолиса, а силами трения можно пренебречь. Модель представляла собой вращающийся с большой скоростью (до 4 об/с) цилиндрический сосуд диаметром 86 см, заполненный жидкостью. Градиент давления создавался с помощью двух рядов отверстий, расположенных концентрическими кругами на дне. Через внешний ряд отверстий жидкость нагнеталась, через внутренний откачивалась. Таким образом в покоящемся сосуде возникала постоянная циркуляция в радиальном направлении со скоростью, пропорциональной расходу жидкости (такая же циркуляция наблюдалась бы в стратосфере, если бы Земля не вращалась). С началом вращения сосуда (по часовой стрелке, что соответствует направлению вращения Земли) течение приобрело замкнутый кольцевой характер со всеми чертами, присущими реальному струйному потоку: сосредоточением максимума скорости в очень узкой полосе, образованием перемежающихся волнообразных искривлений этой полосы и др.

Установлено, что общая структура струйного течения сохраняется в широком диапазоне распределяющих ее параметров (расход жидкости, скорость вращения, толщина слоя, расстояние между источниками и стоками); получены зависимости скорости и ширины потока от этих параметров. Наибольший интерес представляет вывод, что струйный поток служит мощным барьером, препятствующим переносу частиц в поперечном направлении (при добавлении красителя во внешнюю область весь он концентрировался в ней, тогда как центральная часть жидкости оставалась чистой). Этот факт подтверждает гипотезу о том, что южное полярное струйное течение, охватывающее Землю кольцом, способно действовать как барьер для переноса озона в полярный район, способствуя тем самым образованию озонной дыры.

Nature. 1989. Vol. 337. № 6202. P. 58—61 (Великобритания).

#### Океанология

### Гидротермальное поле на хребте Горда

Осенью 1988 г. экспедиция на судне ВМФ США «Лэнси Чуэст» с глубоководным обитаемым аппаратом «Си Клиф» на борту, исследуя дно Тихого океана у западного побережья США, открыла гидротермальное поле. Оно находится в 200 км к западу от побережья штата Орегон, между 41 и 42° с. ш. на 126° 30' в. д., где почти вдоль меридиана простирается подводный хребет Горда, ограниченный зонами разломов Бланко (на севере) и Мендосино (на юге).

Для северной части хребта Горда характерна сравнительно невысокая скорость спрединга — около 3 см/год, что и отличает его от других тихоокеанских хребтов с большей скоростью растяжения морского дна. Гидротермальное поле тянется на несколько сот метров вдоль восточного склона на глубине 2700—2800 м и возвышается примерно на 300 м над окружающей рифтовой долиной. В этом районе отмечены участки как активной, так и пассивной гидротермальной деятельности. В выбросах «черных курильщиков», а также в просачивающихся сквозь трещины на дне гидротермальных растворах много сульфидов и сульфатов. В окрестностях «курильщиков» бурно развиваются сообщества различных организмов. Многочисленны скопления вестиментифер, которые из-за своих красных плюмажей наиболее заметны среди обитателей этих подводных оазисов; встречаются крабы, осьминоги, рыбы. Гидронавты отметили довольно обширные покровы («матъ») из сероводородных бактерий. На неактивных участках гидротермального поля стоят потухшие «черные курильщики», покрытые металлоносными осадками.

Участники экспедиции предложили назвать открытый ими район гидротермальное поле Си Клиф. Для геофизиков, океанологов, биологов моря и других специалистов оно представляет собой естественную ла

бораторию, сравнительно легко доступную для изучения гидротермальной деятельности, развития уникальной биоты, геохимических воздействий на окружающую океаническую среду.

Eos. Transactions of the American Geophysical Union. 1988. Vol. 69. № 47. P. 1588 (США).

#### Археология

### Существовало ли государство у наска?

Попытки объяснить назначение загадочных рисунков на плато Наска в южном Перу заглохли проблемы, связанные с изучением хозяйства и социальной организации создателей этих загадочных геоглифов. Культуру наска принято упоминать в ряду прочих древнеперуанских цивилизаций I тысячелетия н. э. — мочика, уари, тиауанако. В последние годы археологи доказали, что трем этим культурам соответствовали настоящие государства. Убедительный признак государственной организации — многоступенчатая иерархия поселений — от столичного города через провинциальные центры до мелких деревень (археологам пришлось проанализировать типологию и распределение на местности десятков памятников, характер находок на них). А существовало ли государство у наска?

В начале 50-х годов на городище Кауачи в долине Рио-Гранде на площади в 1,5 км<sup>2</sup> были обнаружены десятки пирамид и остатки стен. В заложенных разведочных шурфах попадалась керамика, характерная для раннего периода в развитии наска. Кауачи многократно превосходил по размеру другие поселения этой культуры. В период его существования сосуды из разных долин южного побережья Перу орнаментировались более единообразно, чем до и после того. На основании этих фактов некоторые специалисты по истории древнего Перу стали считать Кауачи столицей крупного государства. Но когда в 1984 г. Х. Силверман из Иллинойского университета (США) начала новые рас-



сосуд наска, по типу похожий на найденные в Кауачи. Точное происхождение неизвестно. Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого, Ленинград.

копки в Кауачи<sup>1</sup>, выяснилось, что монументальный облик города обманчив: внутри пирамид под тонким панцирем из конусообразных сырцовых кирпичей оказались естественные скальные выступы. 85 % территории Кауачи занимают пустые площади (предполагалось, что на этих участках будут обнаружены остатки жилищ горожан). Судя по раскопкам, население Кауачи было незначительным, но на площадях города время от времени могло скапливаться немало народа — вероятно, паломников. По-видимому, многие общины наска имели в Кауачи собственные святилища — отсюда обилие пирамид, небольших по объему кладки, но разнообразных по облику и технике сооружения.

Новые материалы характеризуют культуру наска не как государство, а скорее как вожжество: центральная администрация прямо не контролировала окружающие районы, зависела от поддержки отдельных общин и вождей. Подобные образования непрочны. Центр в Кауачи был покинут задолго до

того, как исчезла сама культура наска.

Что же касается гигантских линий на земле, обнаруженных Силверманом вокруг Кауачи, то выяснилось, что они ориентированы на определенные пирамиды. В других местностях подобные линии также указывают направление либо на древние постройки, либо на горные вершины. Попытки расшифровать геоглифы наска с помощью «астрономического кода» убедительных результатов, как известно, не дали.

© Ю. Е. Березкин,  
кандидат исторических наук  
Ленинград

#### Палеогеография

### Свидетельства древней погоды

В. Дансгард (W. Dansgaard; Копенгагенский университет, Дания) и Х. Эшгер (H. Oeschger; Бернский университет, Швейцария) сопоставили содержание изотопа <sup>10</sup>Ве в колонках ископаемого льда, взятого при бурении в Гренландии, с количеством изотопа <sup>14</sup>С в древесном материале, возраст которого около 9 тыс. лет. В обоих образцах «зафиксированы» краткосрочные колебания метеорологических условий. Максимумам содержания <sup>14</sup>С в древесных годовых кольцах, относящихся примерно к 2800, 1900, 700, 300 гг. до н. э. и 800, 1100 и 1700 гг. н. э., соответствовали

<sup>1</sup> Silverman H. // Revista andina. 1986. Año 4. № 2. P. 465—477; Item. // Antropológica PUC. 1987. № 3. P. 248—259; Silverman H., Pineda J. // DAU: Documentos de arquitectura urbana. 1988. Diciembre. P. 15—21.

максимумы содержания  $^{10}\text{Be}$  в слоях льда того же возраста.

На сегодня в мире получено лишь пять глубинных колонок льда: две на полярных станциях в Гренландии и три — в Антарктиде (в том числе на советской станции Восток). Колонка льда со ст. Восток содержит рекордную по длительности «летопись» климата примерно за 160 тыс. лет. Советские гляциологи, начав бурение на ст. Восток в 1980 г., достигли глубины 2200 м. В сотрудничестве с французскими коллегами, возглавляемыми К. Лориусом (С. Lorius; Лаборатория гляциологии и геофизики среды, Гренобль), они выполнили геохимический анализ этой уникальной колонки. Сравнение содержания дейтерия и кислорода, а также изотопов  $^{18}\text{O}$  и  $^{16}\text{O}$  позволило судить о температуре атмосферы в течение 160 тыс. лет. Установлено существование двух межледниковых эпох (интергляциалов), одна из которых продолжается и ныне. Максимальные температуры предыдущей эпохи примерно на  $2^\circ\text{C}$  превосходят нынешние.

Последний переход от ледниковой эпохи к межледниковой происходил, видимо, в два этапа, разделенных тысячелетним похолоданием в среднем на  $2^\circ\text{C}$ . Последняя эпоха оледенения характеризовалась тремя периодами температурного минимума, один из которых имел место 110 тыс. лет назад.

Известно, что при минимальных температурах последнего оледенения содержание двуокиси углерода в атмосфере составило около 200 частей двуокиси углерода на 1 млн. Для аналогичного периода текущего интергляциала эта величина составляла 270 частей/млн, а ныне — 350 частей/млн.

Наблюдается четкая корреляция между температурой и содержанием изотопов в атмосфере; обнаружена цикличность (с периодом 20 тыс. лет), свойственная как концентрации  $\text{CO}_2$ , так и температуре. Предполагается, что она связана с колебаниями оси вращения Земли.

Р. Дельма и М. Легран (R. Delmas, M. Legrand; Гренобльская лаборатория) на материках со ст. Восток показали, что в периоды оледенений ат-

мосфера содержала большое количество нерастворимой пыли континентального происхождения и солей, образовавшихся в процессе нейтрализации карбоната магния и кальция из почвы.

В атмосфере присутствовал также метан биологического происхождения, вносящий вклад в потепление. С эпохи первой промышленной революции и по настоящее время его содержание, судя по бурильной колонке, возросло от 600 до 1700 частей/млрд.

У. Зигенталер (U. Siegenthaler; Бернский университет), изучив колонку антарктического льда, установил, что между 1200 и 1300 гг. концентрация  $\text{CO}_2$  в атмосфере повысилась на 10 частей/млн. Явление получило название «эффекта Чингисхана», так как именно в этот период монгольского нашествия были многочисленны пожары.

За 200 лет с начала первой промышленной революции, по данным анализа гренландского льда, количество нитратов в атмосфере Арктики возросло вдвое, а сульфатов — в 3,5 раза. В Антарктиде вплоть до 1950-х годов такого не наблюдалось. Оба факта свидетельствуют о влиянии массовой автомобилизации и многочисленных тепловых электростанций на химию атмосферы.

New Scientist. 1988. Vol. 118. № 1609. P. 28—29 (Великобритания).

#### Палеонтология

### Древнейшие приматы Афро-Арабского региона

Недавно в верхнеэоценовых отложениях восточного Алжира (местонахождение Бирель-Атер) был найден изолированный нижний зуб, отнесенный специалистами к представителю подотряда узконосых обезьян. Находка получила название *Viretia piveteaui*. Судя по строению коронки зуба, это — древнейшая узконосая обезьяна, которая занимала промежуточное положение между предполагаемыми предками всех антропоидных приматов (полуобезьянами семейства Omomyidae) и олиго-

ценовыми узконосыми обезьянами Афро-Арабского региона.

До сих пор наиболее древними находками антропоидных приматов были их предшественники из олигоценовых отложений Фаюмской депрессии в Египте (роды *Oligopithecus*, *Quatrania*, *Aegyptopithecus*, *Parapithecus*, *Propliopithecus*) и из верхнеэоценовых отложений формации Пондаун в Бирме (род *Pondaungia*).

Остатки биретии были обнаружены совместно с остатками древнейших африканских грызунов, доманов (копытных из рода *Bunohyrax*) и хоботных — меритериев (*Moeritherium*). Возраст вмещающих эти остатки отложений —  $40 \pm 5$  млн лет.

Опубликовавшие сообщение об этом открытии исследователи считают, что алжирский примат свидетельствует в пользу гипотезы африканского происхождения узконосых обезьян и последующей их миграции в Азию. Этот вывод подтверждается и недавней находкой Г. Тома, проводившего геологическое картирование в Омане: в отложениях возрастом 35,8 млн лет им обнаружены изолированные зубы двух представителей узконосых обезьян, отнесенных специалистами к *Oligopithecus savagei* и *Aegyptopithecus sp.*<sup>2</sup> В этих же отложениях был найден зуб полуобезьяны из семейства Omomyidae.

Морские микроорганизмы, залегавшие совместно с остатками приматов в Омане, позволили сопоставить вмещающие их горизонты с аналогичными горизонтами в Египте. По геолого-геофизическим данным, Аравийский п-ов в олигоцене был лишь временно отделен от Африканского континента мелководным морским бассейном, что не могло служить серьезным препятствием для расселения наземной фауны млекопитающих.

© В. Ю. Решетов,  
кандидат биологических наук  
Москва

<sup>1</sup> Bonis L. de, Jaeger J. J. et al. // C. R. Acad. Sci. Paris. 1988. T. 306. Ser. 11. P. 929—934.

<sup>2</sup> Thomas H., Roger J., Sen S. // Ibid. P. 823—829.

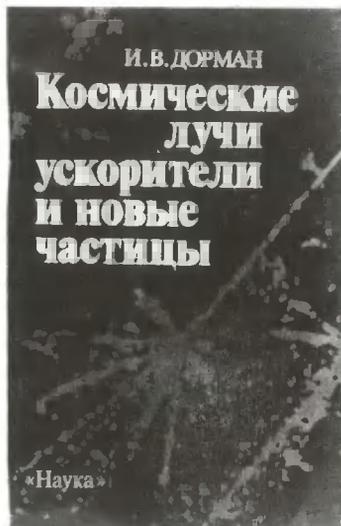
# Сложные пути открытий

© С. Р. Филонович,  
кандидат физико-математических наук  
Москва

**Н**АЗВАНИЕ этой книги с первого взгляда может показаться логически неправомерным. Действительно, в нем в один ряд поставлено физическое явление, сложные экспериментальные установки и несколько неопределенное словосочетание «новые частицы». Однако при чтении выясняется, что название удивительно точно отражает сюжет, в котором все эти разнородные понятия увязаны самым тесным образом.

Автор продолжает разработку темы, которой была посвящена ее первая монография «Космические лучи»<sup>1</sup>, однако с несколько иной точки зрения. Основное внимание уделяется соотношению двух направлений исследования в физике высоких энергий: изучению явлений, связанных с космическими лучами, и анализу эффектов, наблюдающихся при использовании ускорителей.

Постановка такой проблемы не столько отражает стремление историка науки дать анализ событий прошлого, так сказать, разложить все по полочкам, сколько подчеркивает сложность путей развития науки. Действительно, физика космических лучей, родившаяся как частная область в исследовании проникающих излучений, которую поначалу пытались отнест к геофизике, сыграла исключительно важную роль на первом этапе изучения элементарных частиц. Техника же получения искусственно ускоренных частиц высоких энергий в 20—30-е годы находилась лишь в стадии становления, и должно было пройти



И. В. Дорман.  
КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ,  
УСКОРИТЕЛИ И НОВЫЕ ЧАСТИЦЫ /  
Отв. ред. И. П. Иваненко. М.: Наука,  
1989, 229 с.

некоторое время, прежде чем опыты на ускорителях стали приносить значительные результаты. Однако затем преимущества экспериментов на ускорителях оказались настолько значительными, что они стали основными в физике высоких энергий. В наши дни, когда все труднее наращивать предельную энергию ускоряемых частиц, надежды физиков вновь обращаются к космическим лучам, в которых обнаруживаются частицы с энергией до  $10^{11}$  ГэВ...

Автор убедительно демонстрирует диалектику взаимосвязи двух направлений исследования микромира. Особенно полезна в плане их сопоставления последняя глава, название которой нетрадиционно для монографий по истории науки:

«Что дали физике высокие энергии космические лучи и нужно ли их изучать в будущем?»

Однако читатель найдет в книге не только общие размышления об истории физики элементарных частиц. В ней много конкретного материала, отражающего живую жизнь науки. Вот, например, описание почти забытых трудностей в работе первых физиков-космиков: «Особенно интересные данные были получены при исследовании изменения интенсивности космических лучей с высотой: на Эйфелевой башне и на водонапорной башне Политехнического института в Ленинграде, высоко в горах, на самолетах, свободных аэростатах, шарах-зондах и стратостатах. Физикам, занимающимся этими опытами, приходилось опускаться под воду и подниматься на большие высоты с приборами за спиной, летать на воздушных шарах и стратостатах, прыгать с парашютом и перевозить аппаратуру в тесных угловых шахтах на тележках для откатки угля и т. д.» (с. 16). Здесь же можно отметить, что книга в целом написана живо и прекрасно иллюстрирована.

Автор обсуждает ряд дискуссионных вопросов, связанных с открытием и исследованием элементарных частиц. Так, в различных источниках по-разному освещается история открытия позитрона. Расхождения касаются как вопроса о приоритете (кто первый наблюдал позитрон: американец К. Андерсон или англичане П. Блэккет и Дж. Окхиллини?), так и влияния теории П. Дирака на открытие первой античастицы. И. В. Дорман на основе тщательного анализа первоисточников, а также воспоминаний участников и свидетелей событий приходит к выводу о приоритете Андерсона.

<sup>1</sup> Дорман И. В. Космические лучи. Исторический очерк. М., 1981.

Однозначно звучит и другой вывод автора: «В любом случае с уверенностью можно сказать, что Андерсон не ставил себе целью поиски антиэлектрона и, более того, даже открыв новую частицу, никак сразу не связал ее с теорией Дирака» (с. 58). Заметим попутно, что история с открытием Андерсона до некоторой степени похожа на известную проблему из истории СТО, связанную с оценкой влияния результатов опыта Майкельсона — Морли на формирование идей А. Эйнштейна. В обоих случаях воспоминания главных действующих лиц оказываются не слишком надежными и требуют сопоставления с другими материалами — таким образом, мы имеем дело с поучительными примерами из области методологии историко-научных исследований.

Еще один чрезвычайно интересный эпизод истории физики XX в., почти не освещенный ранее в советской литературе. Это восприятие идей японского физика Х. Юкавы относительно характера сильного взаимодействия. Принято считать, что гипотеза о существовании частицы промежуточной массы, ответственной за взаимодействие между нуклонами, высказанная в 1935 г., сразу же была подхвачена мировым физическим сообществом. В действительности же работа Юкавы с обоснованием этой гипотезы привлекла внимание физиков лишь два года спустя, после сообщения Андерсона об открытии частицы с массой, промежуточной между массами протона и электрона (оказавшейся, как известно, не той частицей, которую предсказал Юкава). Не зная о настроениях физиков середины 30-х годов, трудно понять неожиданный вопрос Н. Бора, заданный им Юкаве во время визита в Японию весной 1937 г. (до открытия Андерсона): «Почему вы хотите создать такую новую частицу?»

Большой интерес представляет глава, посвященная развитию методов ускорения заряженных частиц. Значение ее определяется в первую очередь тем, что история ускорителей (в особенности ранняя) слабо отражена в советской литературе. Хотя разработка физико-

технических проблем, возникших при создании ускорителей, — один из наиболее ярких примеров интеграции физико-технического знания. В самом деле, если пытаться найти свидетельство качественных изменений, произошедших в физическом эксперименте середины XX в., то первое, что приходит на ум, — это создание и эксплуатация ускорителей. Вопросы, вставшие перед их разработчиками, стимулировали развитие радиофизики, электротехники, материаловедения, вакуумной техники и т. д. Здесь впервые пришлось применить релятивистские формулы для технических расчетов, работа на гигантских ускорителях потребовала нового подхода к планированию эксперимента и обработке полученных результатов. Одним словом, история ускорительной техники — это «малая история физики» XX в.

Естественно, что в относительно небольшой книге, где этому вопросу уделено всего несколько десятков страниц, невозможно осветить все перечисленные аспекты. Заметим, кстати, что достаточно полной истории ускорителей нет и в западной литературе<sup>2</sup>. Тем не менее в книге приведены основные факты, относящиеся к созданию важнейших типов ускорителей, включая разработку идеи о встречных пучках. Автор книги, вслед за А. П. Гринбергом, отмечает любопытную особенность в истории развития не прямых методов ускорения: основные идеи всех ныне известных методов были предложены задолго до того, как в них назрела необходимость. Со временем запаздывание между выдвиганием идеи и ее практической реализацией стало сокращаться — в этом состоит одна из особенностей современ-

ного этапа взаимодействия физики и техники.

Рассказ об ускорителях не выглядит у И. В. Дорман как вставной эпизод. В отличие от других авторов, писавших об истории элементарных частиц, она убедительно показывает, насколько важна роль техники эксперимента в физике высоких энергий. Между прочим, техника эксперимента стала еще одним каналом взаимодействия между исследованиями космических лучей и опытами на ускорителях. Укажем только один пример — разработку метода ядерных эмульсий в середине 40-х годов, с помощью которых удалось исследовать процессы множественного рождения частиц: эмульсии начали применяться в исследованиях ученых-космиков, а затем были взяты на вооружение и при работе с ускорителями.

Новым в нашей литературе по истории физики является и данный в книге очерк исследования странной частицы. Обнаружение их стало важным этапом развития представлений о структуре материи, поскольку привело к возникновению систематик элементарных частиц. И здесь определяющую роль сыграли космические лучи, в которых впервые наблюдались каоны и серия гиперонов. Следует подчеркнуть, что это произошло тогда, когда ускорительная техника уже достигла высокого уровня.

Собранный в рецензируемой книге материал дает общее представление о специфике исследований в физике элементарных частиц на первых этапах ее развития. Разные эпизоды этой истории освещены, естественно, с различной степенью подробности. Не претендуя на исчерпывающее освещение темы, она пробуждает интерес к той области истории современной физики, которая, в отличие, скажем, от СТО или квантовой теории, разработана очень слабо. Между тем физика элементарных частиц в настоящее время — самое дорогостоящее направление в физике, и оценка его перспектив невозможна без анализа истории. Поэтому и физики-профессионалы, и историки науки, и ученые вправе ожидать дальнейшего развития этой темы.

<sup>2</sup> Здесь трудно удержаться от упоминания о прекрасной книге молодого американского историка науки П. Галисона с необычным названием «Как кончатся эксперименты» (Galison P. How experiments end. Chicago; London, 1987), в которой сделана попытка проанализировать эксперименты на ускорителях как принципиально новое явление в физической науке. Однако эта книга не может считаться систематическим очерком истории ускорительной техники.

# Книга, необходимая экологу

© Б. М. Миркин,  
доктор биологических наук  
Уфа

**Г**ИГАНТСКИЕ масштабы влияния человека на природу давно уже не нуждаются в доказательствах. Хорошо известно, что наряду с изменениями, которые вызываются прямым использованием ресурсов (распашка земель, сенокосы, выпас скота, добыча полезных ископаемых, охота, рыбная ловля, заготовка полезных растений и т. д.), существует еще широкий класс непреднамеренных воздействий, сопровождающих нашу индустриальную и сельскохозяйственную деятельность. При этом если изменения первого рода проще учесть, а потому и регулировать, то непреднамеренные воздействия, связанные в первую очередь с загрязнениями, часто могут до поры до времени оставаться незамеченными или казаться малоопасными.

Чтобы не допустить трагических последствий загрязнения среды, необходим постоянный контроль. А поскольку между количеством загрязнителя и его отрицательным воздействием на природу нет прямо пропорциональной зависимости, необходимо оценивать загрязнители не только по их абсолютным дозам, но и по их влиянию на организмы. Эта необходимость стала стимулом возникновения биоиндикации, комплексной области наук экологического цикла, задача которой — выбор реакций живых систем на те или иные факторы.

Нельзя сказать, чтобы по этому вопросу у нас не было литературы. За последние годы опубликовано немало монографий и тематических сборников как советских, так и зарубежных авторов. Тем не менее ни одна из ранее опубликованных книг не претендовала на описание



**БИОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ** / Под ред. Р. Шуберта. Перевод с нем. Г. И. Лойдиной и В. А. Турчаниновой под ред. Д. А. Кривоуцкого. М.: Мир, 1988. 348 с.

биоиндикации как целостной области науки и не содержала анализа информативности самых различных биоиндикаторов. Поэтому можно приветствовать инициативу издательства «Мир», выпустившего рецензируемую книгу, которая в 1985 г. вышла в ГДР, в издательстве Густава Фишера<sup>1</sup>.

В числе авторов монографии — 18 исследователей, представляющих различные разделы биологии. Десять из них работают в различных секциях Университета им. Мартина Лютера

в Галле, остальные — в вузах и научно-исследовательских институтах Берлина, Иены, Дюсселя, Потсдама, Лейпцига, Дрездена.

Редактор книги — профессор Рудольф Шуберт, заведующий кафедрой геоботаники и ботаническим садом Университета в Галле, один из наиболее авторитетных экологов и фитосоциологов мира. Сочетание качеств тонкого исследователя, обладающего энциклопедическим кругом знаний, и прекрасного организатора, опыт и личное обаяние позволили ему создать из ограниченного контингента исследователей-экологов ГДР первоклассный научный коллектив, деятельность которого постоянно привлекает интерес мирового сообщества ученых.

В последние годы Шуберт и коллеги сконцентрировали усилия на изучении различных аспектов влияния человека на растительность и природу в целом. В 1979 и 1986 гг. в Галле по этим проблемам состоялись международные симпозиумы, собравшие значительное число исследователей. Первый из них был специально посвящен биоиндикации, и пять томов трудов этого совещания<sup>2</sup> можно считать вступлением к рецензируемой монографии. В процессе работы над «Биоиндикацией» Шуберт выступил редактором еще одной фундаментальной коллективной сводки по экологии, в написании которой принимало участие 30 человек<sup>3</sup>.

Редактор русского издания Д. А. Кривоуцкий отме-

<sup>2</sup> Bioindication. Teil 1—5 / Her. von R. Schubert u. J. Schuh. Marf.—Luther—Univ. Halle, 1980.

<sup>1</sup> Bioindication in terrestrischen Ökosystemen / Her. von R. Schubert. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena, 1985. 327 S.

<sup>3</sup> Lehrbuch der Ökologie / Her. von R. Schubert. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena, 1984. 595 S.

чает высокий уровень книги, особенно в части, посвященной возможностям использования для целей индикации растений. Последнее отражает не только особенности авторского коллектива и круг интересов редактора, но и большое удобство биоиндикации по растительным объектам, которые легче наблюдать, чем, скажем, животных. По состоянию растений в экосистеме можно прогнозировать и состояние гетеротрофной биоты, почва и прочие компоненты среды. Криволицкий приводит интересные сведения по истории биоиндикации, истоки которой он усматривает в работах римского писателя и агронома Колумеллы, писавшего: «Рачительному хозяину подobaет по листве деревьев, по травмам или по уже поспевшим плодам иметь возможность здраво судить о свойствах почвы и знать, что может на ней расти».

За предисловием редактора перевода следует предисловие Шуберта, в котором говорится о резком возрастании влияния человека на окружающую среду. Своевременное обнаружение деградации экосистем может предотвратить трагические последствия загрязнений. «Человек должен так формировать среду обитания, — пишет редактор оригинала, — чтобы она могла служить жизненным пространством грядущим поколениям, снабжая их необходимыми ресурсами. Как сознательный преобразователь среды человек несет моральную ответственность также за то, чтобы дикиживущие организмы сохранялись во всем многообразии форм, не подвергаясь массовому уничтожению в результате унификации и нарушения заселенных им ландшафтов» (с. 8). В устах Шуберта это не риторические призывы. Успехи ГДР в охране природы очевидны. При высокой плотности населения и насыщенности территории индустриальными объектами и интенсивным сельскохозяйственным производством в стране удалось практически избежать уничтожения видов животных и растений и стабилизировать уровень природных ресурсов.

Первая общетеоретиче-

ская часть также написана Шубертом. При сравнительно небольшом объеме (всего 12 страниц) она дает весьма полное представление обо всех элементах биоиндикации. В частности, читатель узнает о возможностях пассивного мониторинга по наблюдениям за организмами, которые уже существуют в загрязняемой системе (по состоянию листвы деревьев, составу лишайников на стволах и т. п.), и активного — по анализу специально высаживаемых растений: кресс-салата, некоторых сортов табака, мха (их высаживают в специальных коробочках, получая таким образом тонкие регистрирующие приборы); уяснит различие между чувствительными, реагирующими на интенсивность загрязняющего фактора в момент наблюдения, и аккумулятивными индикаторами (грибы вдоль дорог, в которых накапливаются тяжелые металлы, и т. д.), между прямыми (реагирующими непосредственно на фактор загрязнения) и косвенными индикаторами. В последнем случае индикатор реагирует на изменения другого организма, например на снижение его конкурентной способности (массовое развитие злаколистных сорняков при уничтожении гербицидами двудольных и т. д.).

Далее мы находим полную характеристику двадцати основных антропогенных стрессоров (факторов, угнетающих рост организмов) и общую характеристику шести уровней индикации. Авторы различают биохимические и физиологические реакции: анатомические, морфологические, биоритмические и поведенческие реакции; флористические и хронологические изменения; ценотические изменения; биогеоценотические изменения; изменения ландшафта.

Четко сформулированы требования к биоиндикаторам: возможность относительно быстрой оценки, точность и воспроизводимость результатов, достаточно широкое распространение, диапазон погрешностей не выше 20%. Шуберт пишет, что результаты биоиндикации хорошо поддаются обработке на ЭВМ средствами линейного и нелинейного матричного анализа. Однако, к сожа-

лению, в большинстве случаев приводимые примеры не сопровождаются оценкой вероятности правильного прогноза. Это, пожалуй, наиболее существенный недостаток книги.

От положений, обсуждаемых в первой части, идут нити к главам и разделам двух других частей. Так, во второй части обсуждаются биохимические и физиологические реакции на антропогенные стрессоры, морфологические, биоритмические и поведенческие отклонения организмов, хронологические и популяционно-динамические изменения, изменения биоценозов и целых ландшафтов, а в третьей части — использование различных биоиндикаторов для оценки промышленных загрязнений (атмосферы, почвы, воды), нарушений в сельском и лесном хозяйстве, использование биоиндикаторов для обустройства и сохранения ландшафтов.

Интересно, что растения, насекомые и микроорганизмы по-разному реагируют на стрессоры. У растений с замедленными процессами наследственной изменчивости основу реакторования составляют преадаптации, т. е. генетическое разнообразие популяций, которое позволяет под действием нового фактора «отобраться» устойчивым экотипам. У насекомых, темп эволюции которых много выше, адаптации осуществляются за счет быстрой выработки новых устойчивых к загрязнителю форм, что объясняет неудачи пестицидного контроля вредителей полей. Наконец, у микроорганизмов, бактерий и вирусов загрязнители вызывают сравнительно небольшие перестройки, так как поглощение вещества-стрессора очень ограничено и аккумуляции вредных веществ, характерной для сложных пищевых цепей, завершаемых животными-хищниками, не происходит.

Если во второй части книги в большей мере обсуждаются теоретические подходы, то в третьей даны конкретные описания методов, которые следует использовать при том или ином типе загрязнений.

Даже краткое перечисление всех обсуждаемых в книге стрессоров, которые загрязняют различные компоненты окружа-

ющей среды, и биоиндикаторов, позволяющих оценивать степень их влияния, заняло бы слишком много места. Поэтому отметим те достижения немецких коллег, которые представляются наиболее ценными. Это в первую очередь полная характеристика биологического действия атмосферных загрязнителей, как газообразных, так и пылевидных. При этом указаны также возможные источники загрязнений и предельно допустимые концентрации. Среди обширного списка биоиндикаторов для ак-

тивного мониторинга — десятки видов растений, пчела, тля, личинки синей мухи, крыса, мышь и т. д. И для активного, и для пассивного мониторинга качества воздуха широко используются лишайники. К сожалению, авторы не обсуждают ценных работ по этому вопросу эстонских лихенологов (Х. Х. Трасса, Ю. Л. Мартина и др.). В высшей степени полезна таблица, включившая более 100 видов древесных растений с указанием на их чувствительность к основным газообразным загрязнителям ат-

мосферы. Во многом новыми для советского читателя являются индикационные таблицы для оценки загрязнения сернистым газом по паразитным грибам и микроорганизмам растений.

Все это делает книгу весьма удобной в практической работе природоохранителей, от членов добровольных дружин охраны природы до экспертов формирующейся сети учреждений Государственного комитета по охране природы.

## НОВЫЕ КНИГИ

### Геология

**Л. Д. Мирошников. ЧЕЛОВЕК В МИРЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТИХИЙ.** Л.: Недра, 1989. 192 с. Ц. 45 к.

В книге оценивается роль некоторых геологических явлений (бомбардировка земной поверхности метеоритами, вулканические извержения, землетрясения) в формировании облика нашей планеты как космического тела и в конечном итоге — в развитии человеческого общества. Дав описание этих геологических стихий, автор знакомит читателя с некоторыми легендами и мифами, подчеркивая, как много полезных геологических сведений можно подчас извлечь из старинных фольклорных источников. Это и миф о гибели царства Миноса, некогда процветавшего на островах Средиземного моря и, как теперь стало известно, разрушенного при взрыве вулкана Санторин во II тысячелетии до н. э., и библейская легенда о провалившихся в бездну городах Содоме и Гоморре, которые в действительности скрылись под водами Мертвого моря при внезапном опускании дна более 4 тыс. лет назад.

Автор пишет, что челове-

ческая деятельность на планете по своей силе и последствиям стала сравнима с геологическими стихиями, поскольку воздействует на земную кору и подкорковые горизонты земного шара. Иллюстрация тому — развитие сейсмических явлений при заполнении искусственных водохранилищ.

В заключение рассматривается вопрос о возможности и даже неизбежности новых геологических катастроф, без которых развитие планеты невозможно. Приведено высказывание Г. Тазиева: «Человечеству до сих пор просто везло... Я предвижу страшные катастрофы, которые унесут сотни тысяч жизней. С точки зрения геологии — это абсолютная очевидность».

### Минералогия

**С. Ф. Ахметов. БЕСЕДЫ О ГЕМОЛОГИИ.** М.: Молодая гвардия, 1989. 237 с. Ц. 80 к.

Автор уже четверть века занимается выращиванием и исследованием самоцветов. Во ВНИИ синтеза минерального сырья (г. Александров) он возглавляет группу исследователей,

получивших новые разновидности гранатов и фианитов. Опубликовал сборники научной фантастики и несколько научно-популярных книг. Эта его книга посвящена синтетической области знания, которая охватывает не только изучение самоцветов, драгоценных и поделочных камней, но и законы ценообразования на ювелирных изделиях, выращивание новых и облагораживание природных самоцветов, огранку камней и определение их художественной ценности.

Девять небольших глав вводят читателя в мир самоцветов и драгоценных камней, освещают историю геммологии и ее сегодняшний день. Здесь и легенды, и увлекательные истории, связанные с драгоценными камнями, и рассказ о физических свойствах самоцветов и образовании их в земной коре, и, наконец, описания их коллекций и собраний рукотворных самоцветов — первое было продемонстрировано во Французской академии наук в 60-х годах прошлого века.

Заключает книгу рассказ о применении самоцветов в квантовой и полупроводниковой электронике, микроэлектронике, ракетной и космической технике.

**Д. А. Алексеев, П. А. Новохонов.** По следам «таинственных путешествий». М.: Мысль, 1988. 205 с. Ц. 70 к.

Шестнадцать очерков, составивших книгу, рассказывают о забытых географических открытиях, сверхдальних авиаперелетах и затерявшихся экспедициях, о пеших походах и опаснейших плаваниях. Объединяет их одно: в каждом есть свои «белые пятна». Авторы попытались в одних случаях как бы дописать историю этих путешествий, используя современные данные, в других — подытожить имеющиеся версии.

Книга начинается рассказом об экспедиции XVIII в., предпринятой русским сержантом Степаном Андреевым, якобы открывшим на северо-востоке Сибири, у берегов Ледовитого океана, новый остров. Тайна «земли Андреева» все еще не раскрыта, расшифровка записей в путеводном журнале русского землепроходца снимает с него многие обвинения со стороны историков.

Перед читателями разворачивается картина шведской полярной экспедиции, возглавлявшейся С. Андре (в 1897 г. она вылетела на воздушном шаре к Северному полюсу и пропала без вести); история непонятного исчезновения в Арктике самолета под командованием С. А. Леваневского, вылетевшего в августе 1937 г. на Землю Франца-Иосифа; рассказ о печальном финале итальянской арктической экспедиции на дирижабле «Италия» в 1928 г.

В книге использованы материалы и документы, хранящиеся в архивах, а также малоизвестные литературные сведения.

#### Охрана природы

**Д. В. Дубыня, Ю. Р. Шеляг-Сосонко.** ПЛАВНИ ПРИЧЕРНОМОРЬЯ. Киев: Наукова думка, 1989. 272 с.

Охрана растительности — основное научное направление большого отряда фитоценологов, которые под руководством члена-корреспондента АН УССР Ю. Р. Шеляг-Сосонко рабо-

тают в Институте ботаники им. Н. Г. Холодного АН УССР. Этот на редкость продуктивный коллектив ежегодно издает двести природоохранных монографий, которые посвящены отдельным заповедникам или носят обобщающий характер. Так, в 1987 г. были опубликованы сразу две книги, не имеющие аналогов в советской литературе: «Зеленая книга Украинской ССР» (кадастр редких сообществ) и «Перспективная сеть заповедников Украины» — рекомендации об изменении статуса некоторых существующих охраняемых территорий и создании ряда новых. Настоящая монография продолжает эту серию и детализирует картину редких сообществ и перспективы развития охраняемых территорий применительно к уникальному по насыщенности ботаническими объектами району — Причерноморской полосе, простирающейся от устья Дуная до устья Дона, где специфические комплексы плавней имеются также в низовьях Днестра, Днепра, Буга, Кубани. Общая площадь плавней превышает 2,5 млн га.

Плавни — это особый тип ландшафта, который формируется в устьевой части рек, впадающих в Черное, Азовское, Каспийское и Аральское моря. Они отмечены очень высоким разнообразием видов и сообществ. В первую очередь — флоры: в изученных плавнях выявлен 1321 вид.

Плавневые ландшафты играют важную роль в сельском хозяйстве (только рисовых полей здесь свыше 150 тыс. га). Плавни неопценимы в обеспечении животных кормами, являются источником древесины и ресурсов лекарственных растений. Состояние плавней во многом влияет на рыбопродуктивность рек, так как наиболее ценные виды рыб нерестятся в период паводков в поймах. Наконец, это идеальные места для организации отдыха трудящихся и строительства оздоровительных учреждений. Книга украинских фитоценологов посвящена научным основам организации сети охраняемых территорий с целью сбережения этих уникальных объектов для потомков.

**Ю. П. Коношав.** ОТКРЫТИЯ СОВЕТСКИХ УЧЕНЫХ. Ч. 1. Физико-технические науки / Предисл. И. С. Наяшкова. М.: Изд-во МГУ, 1988. 478 с. Ц. 2 р. 50 к. Ч. 2. Химико-технологические и биологические науки. М.: Изд-во МГУ, 1988. 232 с. Ц. 1 р. 40 к.

Специалист в области изучения научных открытий Ю. П. Коношав в третий раз выпускает уникальную в мировой практике книгу с описанием открытий, зарегистрированных в нашей стране с 1957 г. Каждое издание сразу же становится библиографической редкостью. Последний двухтомник дополнен описанием около 150 новых открытий в области физико-технических, химико-технологических и биологических наук, зарегистрированных по 1987 г.

Изложена суть около 350 открытий, внесенных к настоящему времени в Государственный реестр СССР, даны необходимые комментарии, указаны перспективные области их использования. Значительная их часть (около 11 %) сделана в МГУ, где автор работает научным консультантом по открытиям. Рассмотрено также философско-методологическое понятие научного открытия и проблема защиты приоритета и государственных интересов в области открытий и изобретений. Это своего рода энциклопедическое издание, незаменимое для ученых и историков науки.

## Т.И. Вяземский — основатель Карадагской станции

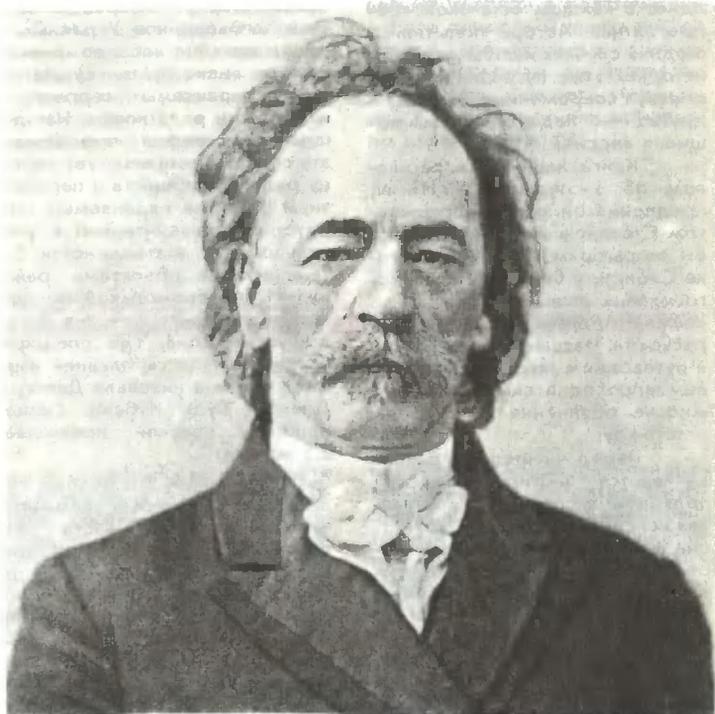
© Д. К. Михаленок

Карадагский филиал Института биологии южных морей им. А. О. Ковалевского АН УССР

**В** РОССИИ всегда были люди, предпочитавшие личному благополучию и спокойной жизни истовое служение отечеству. Обстоятельства, иногда случайные, ранжируют их в произвольном порядке — от более до менее известных. Имя человека, о котором пойдет речь, относится к менее известным. Многогранная деятельность Терентия Ивановича Вяземского — врача, ученого, общественного деятеля — в достаточной мере еще не отражена в литературе.

Никакого отношения к знаменитому княжескому роду Терентий Иванович не имел. Родился он в семье священника, в деревне Пуяттино Раненбургского уезда Рязанской губернии 20 апреля (3 мая) 1857 г. Воспитывался в традициях русской православной церковной культуры. Среднее образование получил в Рязанской духовной семинарии, поступил на историко-филологический факультет Московского университета, а позднее перевелся на медицинский и в 1886 г. стал ассистентом в клинике нервных болезней в Москве. В ту пору его более всего интересовало применение электричества в бальнеологии и гидротерапии. Он проводил наблюдения в Пятигорске и Железноводске, затем уехал в Германию, в Галльский университет, а вернувшись, всецело посвятил себя этой области медицины, часто приезжал и подолгу задерживался в районе Кавказских минеральных вод. Совместно с профессором Московского университета В. С. Богословским начал выпускать журнал «Минеральные воды».

Тщательность, с которой Вяземский проводил научные исследования, ярко проявилась в его диссертационной работе на степень доктора медицины, посвященной электрическим яв-



Терентий Иванович Вяземский (1857—1914).

лениям у насекомоядных растений<sup>1</sup>. В Москве Вяземский был широко известен как талантливый невропатолог и психиатр и читал в университете факультативный курс электрофизиологии.

Исследуя физиологическую и социальную природу человека, Вяземский столкнулся с одним из величайших социальных зол — алкоголизмом, уже в ту пору распространившимся в России практически на все слои населения, и включился в антиалкогольное движение, объединявшее врачей, педагогов, ученых, представителей духовен-

ства. Он много размышлял об опасности вырождения наций на почве алкоголизма и определил некоторые индивидуальные признаки вырождения, фиксируемые уже в детском возрасте. К открытию I Всероссийского съезда по борьбе с алкоголизмом, проходившего в Петербурге в 1910 г., он написал библиографию по вопросам алкоголизма<sup>2</sup>, в первом выпуске которой были систематизированы 1153 научные работы. Знания Вяземского в этой области были энциклопедическими. Постепенно он пришел к мысли о необходимости антиалкогольных предупредительных

<sup>1</sup> Вяземский Т. И. Электрические явления у растений // Тр. Физиолог. ин-та Императ. Моск. ун-та. 1906. Т. 5. Вып. 11.

<sup>2</sup> Вяземский Т. И. Библиография по вопросу об алкоголизме. Вып. 1. М., 1909.

мер, которые следует прививать со школьных лет. В начале 1901 г. в Москве, в двухэтажном доме № 6 на Нижней Кривокуле, начал свою работу кружок деятелей по борьбе со школьным алкоголизмом, получивший впоследствии немалую известность. Он возник по инициативе Вяземского, профессора Московского университета А. А. Корнилова, педагога Г. Ф. Маркова и протопресвитера московского Успенского собора Н. А. Любимова.

При кружке были созданы противоалкогольный музей, лекторий, амбулатория для бесплатного лечения алкоголиков. Учителям народных школ Вяземский читал курс лекций «Алкоголизм и вырождение», «Причины личного и массового алкоголизма». Кружок разрастался — многие представители русской интеллигенции считали своим долгом внести посильный вклад в благородное дело оздоровления народа<sup>3</sup>. Вяземский редактировал журнал «В борьбе за трезвость», преподавал основы гигиены в Школаптинском педагогическом институте, изготовлял наглядные пособия о вреде алкоголизма, за что получил большую золотую медаль на Всероссийской гигиенической выставке в Петербурге, и предложил целую систему мер борьбы с алкоголизмом, рассчитанную на 20 лет — время, необходимое, с его точки зрения, для трезвеннического воспитания нового поколения. Вполне вероятно, что общество еще вернется к их обсуждению<sup>4</sup>.

Активного участия в политической жизни Вяземский не принимал. «Он не верил в революцию, он был эволюционистом, — вспоминал член Государственной думы С. С. Крым. — Все эти порывы ни к чему, — говорил он мне, — все равно вернутся на единственную до-

рогу, на единственный путь, освещенный знанием и наукой; и всякий культурный человек должен все силы направить на то, чтобы ничто, могущее увеличить духовное богатство человечества, не погубило»<sup>5</sup>. Тем не менее он настаивал на либерализации режима политических ссыльных и предложил создать тюремные научные библиотеки и лаборатории с целью сохранения и использования на благо государства творческих способностей этого контингента заключенных. Свои взгляды он высказал министру народного просвещения И. Д. Делянову. Министр посчитал его опасным человеком.

Но главным делом жизни Вяземского стала основанная им в Крыму, на берегу Черного моря, между Судаком и Феодосией, Карадагская научная станция. В октябре 1989 г. ей исполнилось 75 лет. Это детище Вяземского сделало его известным для каждого, кто знаком с Карадагом. В наше время это одно из старейших научно-исследовательских учреждений страны, расположенных у моря, — Карадагский филиал Института биологии южных морей им. А. О. Ковалевского АН УССР. Природа создала здесь чрезвычайно благоприятные условия для проведения морских и наземных работ по различным направлениям — гидробиологии, биохимии, зоологии, ботанике, геологии. В 1979 г. организован Карадагский государственный заповедник, который служит базой для научных исследований и наблюдений, направленных на изучение процессов, протекающих в эталонных природных системах.

Познакомившись с этим удивительным местом, Терентий Иванович пришел в восторг от его прекрасной первозданной природы. Море на протяжении тысячелетий стремилось сточить каменные берега Карадага, но в бассейне отступало, оставляя взамен диковинные природные образования: скалы Парус, Шайтан-Капу (Чертовы ворота) и т. п.

В одну неразрывную природную цепь соединились здесь море, горы, степь и лес. Исследователи Тавриды К. И. Габлиц и П. С. Паллас обратили внимание на своеобразную экзотическую красоту Карадага. Геологом этого района в XIX в. изучали Г. Д. Романовский, А. Е. Лагорио, А. А. Прозоровский-Голицин и др.

В 1901 г. Вяземский купил за 30 тыс. руб. около 50 десятин земли в районе Карадага. Покупка эта истощила его сбережения, сделанные от заработка врача, и благоустройство приобретенного имения пришлось отложить до лучших времен. Через шесть лет на вновь собранные деньги он решил создать на Карадаге приморскую биологическую станцию. Этот замысел поддержал известный физиолог, профессор Московского университета Л. З. Мороховец, под руководством которого в 1890—1892 гг. было построено новое здание Физиологического института при Московском университете. Имея опыт, Мороховец давал Вяземскому деловые советы, а также, что не менее важно, оказывал денежную помощь. Создатели станции нашли поддержку у Таврического губернского земского собрания и в лице члена Государственной думы С. С. Крыма. Семь лет шло строительство, встречая на своем пути трудности, связанные с отсутствием материалов, средств, рабочих рук. Из-за болезни Мороховец отошел от участия в делах.

Станция еще не была достроена, а на Карадаге уже начались научные исследования. Геологические особенности изучали А. П. Павлов, А. Ф. Слудский, А. Е. Ферсман, чешуекрылых — В. Ф. Болдырев и А. М. Дьяконов, млекопитающих — К. И. Флеров, морские водоросли — Н. Н. Воронин и П. Г. Емельяненко. В связи с тем, что Карадаг представлял собой классический объект для знакомства с древней вулканической деятельностью, первоначальный план претерпел изменения. Было решено развивать ее в двух направлениях — биологическом и геологическом, не исключая при этом возможности проведения других исследо-

<sup>3</sup> Вяземский Т. И. Возможна ли в России борьба с алкоголизмом? М., 1911; Он же. Кружок по борьбе со школьным алкоголизмом и противоалкогольный музей при кружке // В борьбе за трезвость. Издание Московского столичного попечительства о народной трезвости. 1911. № 2. С. 61.

<sup>4</sup> Вяземский Т. И. Вырождение и алкоголизм. М., 1913.

<sup>5</sup> Крым С. С. Терентий Иванович Вяземский. Встречи и воспоминания // Тр. Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского. 1917. Вып. 1. С. 12—17.

заний. Станция приобрела известность. Публикации о ней и ее создателе появляются в путеводителях, художественной литературе. Значительное место проблемам научно-социального развития Карадага в своих «Крымских очерках» уделил писатель и врач С. Я. Елпатьевский. Идею создания станции всчески поддерживал живший в соседнем Коктебеле Максимилиан Волошин.

В 1913 г. строительство подошло к концу. Рядом с лабораторным корпусом построили дом для работающих на станции, а к северу, в полуверсте, располагались постройки небольшого санатория. В 1914 г. станция была оснащена необходимым оборудованием и готова для проведения исследований. К нижнему этажу лабораторного корпуса Вяземский пристроил помещение для музея, где вскоре появились многочисленные экспонаты, характеризующие геологическое строение, сухопутную, морскую флору и фауну. Сам Вяземский занимался на Карадаге врачебной практикой, бедных лечил бесплатно.

Для дальнейшего развития станции требовалось новое вложение средств и научное руководство. Приват-доцент Московского университета А. И. Бачинский порекомендовал Вяземскому передать станцию прогрессивной благотворительной организации — Обществу содействия успехам опытных наук и их практических применений им. Х. С. Леденцова, созданному в 1909 г. при Московском университете и Московском тех-

ническом училище. На счету этого Общества было много начинаний, в его деятельности принимали участие всемирно известные ученые, в частности В. И. Вернадский и Н. Е. Жуковский, оно имело свой печатный орган и значительный денежный фонд. В Москве состоялось знакомство Вяземского с заместителем председателя Общества, известным русским физиком Н. А. Умовым, который в дальнейшем горячо содействовал тому, чтобы Общество взяло на себя расходы по станции и наладило научные исследования.

На экстренном заседании Совета Общества 7 апреля 1914 г. обсуждался вопрос о возможности принятия дара Вяземского — станции, небольшого участка земли при ней и библиотеки, насчитывающей более 40 тыс. книг. В условиях дара было оговорено, что Общество должно уплатить Морозову 15 тыс. руб. в качестве покрытия затрат, израсходованных им на строительство. Со стороны же Вяземского это было безвозмездное пожертвование. Общество им. Х. С. Леденцова получило владения, весьма ценные в научном и материальном отношении, но особо хочется сказать о библиотеке Вяземского, которую он собирал много лет и которая по сей день является гордостью Карадага. В ней имеются книги времен начала русского книгопечатания, первые издания Петербургской Академии наук (с 1728 г.), редкие книги о культуре и быте народов мира, комп-

лекты сочинений Ч. Дарвина, Э. Геккеля, Ж. Б. Ламарка, К. Линнея, И. П. Павлова, Л. Пастера, И. М. Сеченова.

Часть имущества Вяземского оставалась в его собственности, но тогда же, в мае 1914 г., он составил завещание, по которому передавал близким друзьям — А. Ф. Слудскому и А. И. Бачинскому — 3 десятины из своего владения. «Все остальное имущество мое... — писал Вяземский, — как движимое, так и благоприобретенное недвижимое... завещаю в собственность Обществу содействия успехам опытных наук и их практических применений имени Х. С. Леденцова... я выражаю пожелание, чтобы все мое движимое и недвижимое имущество служило целям и нуждам научной станции в Карадаге».

Участившиеся сердечные приступы и головные боли не позволили Вяземскому приехать на Карадаг и приступить к исполнению обязанностей заведующего станцией. Но до последних дней он принимал участие в работе Кружка по борьбе с алкоголизмом, строил планы дальнейшего развития станции...

Вяземский скоропостижно скончался 6 октября (23 сентября) 1914 г. в своей московской квартире. Крестовоздвиженская церковь, где отпевание проводил его друг Н. А. Любимов, была переполнена. Похоронили его на Пятницком кладбище.

В день его смерти станции было присвоено имя ее создателя.

#### Научные редакторы:

И. Н. АРУТЮНЯН,  
О. О. АСТАХОВА,  
Л. П. БЕЛЯНОВА,  
М. Ю. ЗУБРЕВА,  
Г. В. КОРОТКЕВИЧ,  
Г. М. ЛЬВОВСКИЙ,  
Л. Д. МАЙОРОВА,  
Н. Д. МОРОЗОВА,  
Е. М. ПУШКИНА,  
Н. В. УСПЕНСКАЯ

Литературные редакторы:  
Г. И. ПАНКОВА, С. С. ПЕРЕПЕЛКИНА

Художник П. П. ЕФРЕМОВ

Художественные редакторы:  
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Заведующая редакцией  
О. В. ВОЛОШИНА

Корректоры:  
О. Н. БОГАЧЕВА, Т. Д. МИРЛИС

В художественном оформлении  
номера принимали участие  
А. М. КОЛОМАЦКИЙ,  
В. А. СКРЕБНЕВ,  
Е. К. ТЕНЧУРИНА

Ордена Трудового Красного  
Знамени издательство «Наука»  
Адрес редакции:  
117049, Москва, ГСП-1,  
Мароновский пер., 26  
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 29.08.89  
Подписано в печать 12.10.89  
Т-16043

Формат 70×100 1/16  
Бумага офсетная, № 1

Офсетная печать  
Усл. печ. л. 10,32  
Усл. кр.-отт. 1461,6 тыс.

Уч.-изд. л. 15,3  
Тираж 54 600 экз.  
Зак. 2111

Цена 80 к.  
Ордена Трудового  
Красного Знамени  
Чеховский полиграфический  
комбинат  
Государственного комитета СССР  
по печати.  
142300, г. Чехов  
Московской области

Специальный номер посвящен годовщине Спитакского землетрясения — события исключительного во многих аспектах и не в последнюю очередь по тому резонансу, которое оно получило в самых различных кругах мировой научной общественности.

# ПРИРОДА 12<sup>89</sup>



Среди десятков тысяч людей, поспешивших в район бедствия, ученые составляли небольшой отряд, и деятельность их, пожалуй, была менее всего на виду. Сейчас, по прошествии года, мы имеем возможность познакомить читателей с результатами этой многотрудной работы.

Сложная многоплановая задача исследования сильного землетрясения и его последствий, выработка научно обоснованной базы для возрождения разрушенных районов потребовали концентрации усилий ученых не только нашей страны, но и зарубежных специалистов — широкое международное сотрудничество в изучении Спитакского землетрясения было заложено с первых же дней. В результате, по мнению главы научной миссии Франци А. Систернаса, у этого землетрясения есть шанс стать наиболее полно изученным. Но наряду с конкретными научными задачами армянская трагедия поставила такие острые проблемы, как необходимость подготовки населения к стихийным бедствиям подобного масштаба, разработки мероприятий по уменьшению ущерба от них. Эти общегосударственные задачи должны решаться безотлагательно и на научной основе — четверть территории СССР составляют сейсмоопасные районы!

